

## Секция 5 Экология и защита окружающей среды

**Интеллектуальная система комплексного мониторинга использования энергетических ресурсов в условиях территориально-рассредоточенных потребителей минерально-сырьевого комплекса**

**Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Федоров А.В., Зимин Р.Ю.**

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия*

[sychev.yura@mail.ru](mailto:sychev.yura@mail.ru)

Энергетические системы на основе распределенной генерации за последние 20 лет во всем мире приобретают особую актуальность с учетом растущих требований к уровню энергосбережения и энергетической эффективности, а также к снижению энергетической составляющей в себестоимости промышленной продукции. Системы распределенной генерации на сегодняшний день являются наиболее реальной альтернативой традиционным централизованным энергетическим сетям. Распределенная генерация в первую очередь нацелена на децентрализацию существующих энергетических систем с максимальным использованием местных источников.

Технологии и принципы распределенной генерации направлены на повышение эффективности энергообеспечения промышленных и бытовых объектов с максимальным приближением источника к потребителю в условиях отсутствия или значительного удаления централизованных энергетических сетей. Предприятия минерально-сырьевого комплекса (МСК), занимающие значительный сегмент в экономике РФ, в большинстве своем расположены на территории, не охваченной централизованным электроснабжением, и имеют в своем составе ответственные с точки зрения непрерывности технологического процесса территориально-рассредоточенные потребители. Таким образом, в условиях РФ технологии и принципы распределенной генерации наиболее целесообразно внедрять именно на предприятиях МСК в условиях территориальной рассредоточенности технологических и энергетических объектов.

Основой технологии и принципа распределенной генерации является комплексное совместное использование различного типа альтернативных и возобновляемых источников энергии. В условиях МСК РФ согласно результатам многочисленных теоретических и экспериментальных исследований [1, 2] наиболее целесообразно по критериям надежности, бесперебойности, энергосбережения и энергоэффективности совместное использование энергии попутного нефтяного газа, ветра и солнца.

Для успешного функционирования энергетических систем распределенной генерации в условиях МСК РФ необходимо решение следующих актуальных научно-технических задач:

- эффективный мониторинг использования и управление расходом различных энергоресурсов;
- повышение качества электрической энергии и обеспечение электромагнитной и электромеханической совместимости электрооборудования;
- обеспечение эффективных режимов совместной работы различных альтернативных и возобновляемых источников энергии в рамках единого электротехнического комплекса;
- возможность параллельной работы местных источников с централизованной энергосистемой;
- адаптивность к характеру изменения графиков электрических нагрузок и режимов энергопотребления.

При внедрении систем распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии и независимости от централизованных энергосистем, в первую очередь необходимо наличие эффективных методов и средств по мониторингу и контролю использования энергоресурсов и уровню качества электрической энергии, для создания которых нужно объединить в единый комплекс различные функции, каждая из которых направлена на фиксирование заданного набора показателей [3].

Функция мониторинга ориентирована на решение задач контроля технического состояния, включающей в себя процессы контрольно-диагностических измерений, сбор и хранение контрольно-диагностической информации, предварительную обработку, анализ, визуализацию и представление данных для последующей обработки.

Функция управления предполагает решение задач по подготовке и формированию

вариантов информационно-управляющих воздействий и решений в зависимости от параметров текущей ситуации в системе энергообеспечения.

Реализация двух указанных ключевых функций осуществляется техническими средствами и решениями относящихся к подклассу информационных технологий, ориентированных на создание и применение автоматизированных систем поддержки принятия решений на основе комплексного анализа ситуаций и прогнозирования состояния сложных динамических систем в нестационарных и неоднородных средах. В рамках указанных систем и технологий осуществляется разработка виртуальных прогностических сценариев развития сложных многомерных ситуаций в условиях комплексной динамической неопределенности, проводится ситуационный анализ текущей обстановки и т.п. В случае систем распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии сложной многомерной ситуацией является совокупность режима энергообеспечения от какого-либо одного или нескольких типов источников энергии, режима энергопотребления какой-либо одной или нескольких функциональных групп электроприемников, электромагнитная обстановка, уровня качества электрической энергии, электромагнитной и электромеханической совместимости электрооборудования, структуры рассматриваемой энергетической системы.

Исходя из этого, для создания интеллектуальной системы комплексного мониторинга и контроля использования энергоресурсов, а также уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации необходимо учитывать ключевые характеристики и параметры режимов генерации и потребления энергии, а также показатели качества электрической энергии, уровень электромагнитной совместимости электрооборудования и текущую конфигурацию энергетической системы.

В условиях предприятий МСК РФ помимо указанных особенностей значимую роль играет степень ответственности потребителей по критерию устойчивости и обеспечения непрерывности технологического процесса при кратковременных перерывах энергоснабжения, что определяет требуемый уровень надежности и бесперебойности энергообеспечения от различных источников. Исходя из этого необходимо создание классификатора потребителей МСК РФ по длительно допустимому времени перерыва энергообеспечения, при котором срыва технологического процесса не произойдет, для возможности ситуационного управления совместной работой различных альтернативных и возобновляемых источников энергии и параллельной работой с централизованной энергосистемой.

Таким образом, при разработке интеллектуальной системы комплексного мониторинга, контроля использования энергоресурсов, а также уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации необходимо в первую очередь учитывать степень значимости конкретных технических факторов на процесс генерации, распределения, преобразования и потребления электрической энергии от различных источников.

#### **Список литературы**

1. Абрамович Б.Н., Бельский А.А., Яковлева Э.В. Возобновляемые источники энергии для электроснабжения территориально рассредоточенных объектов горной промышленности // XXXVIII неделя науки СПбГПУ: материалы между-народной научно-практической конференции, ч. II, изд-во Политехн. ун-та, С-Пб, 2009 г, с.49-504.
2. Абрамович Б.Н., Турьшева А.В. Эффективное энергоиспользование попутного нефтяного газа // XXXIX Неделя науки СПбГПУ : материалы между-народной научно-практической конференции. - Ч.II. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2010 г., с. 60-62.
3. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Устинов Д.А. Интеллектуальная энергосистема предприятий минерально-сырьевого комплекса // Материалы X Международной конференции «Новые идеи в науках о земле». 12-15 апреля 2011 г. Сборник докладов. Том 2. Издательство РГГРУ, Москва, 2011 г. с. 202.

#### **Акустический расчет трехкамерного глушителя шума со звукопоглощающими элементами методом конечных элементов Аграфонова А.А., Смирнов С.Г.**

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва  
[aagrafonova\\_anna@mail.ru](mailto:aagrafonova_anna@mail.ru)

Одним из основных путей снижения шума в канале является использование высокоэффективных глушителей шума. Наиболее распространенными являются камерные

глушители, которые состоят из одной или нескольких камер, представляющих собой расширения трубопровода по его сечению. Здесь звуковые волны отражаются от противоположной стенки и, возвращаясь к началу в противофазе по отношению к прямой волне, уменьшают ее интенсивность.

Задачей данной работы было проведение оптимизации системы снижения шума газодувки. Руть, уровень которого сильно превышал допустимые значения. В качестве системы шумозаглушения было предложено установить трехкамерный глушитель шума, несколько вариантов конструкции которого было исследовано.

Трехкамерный глушитель шума представляет собой цилиндрический корпус, ограниченный торцевыми стенками, на которых смонтированы соответственно впускной и выпускной патрубки, внутренние срезы которых размещены в узловых зонах низших мод собственных колебаний газового объема, заключенного в камере глушителя. Камеры такого глушителя, образованные перегородками внутри корпуса, соединены между собой узкими кольцевыми каналами, выполненными двумя концентрическими цилиндрами, укрепленными в перегородках.

Спектр шума энергоустановок, как правило, содержит дискретные гармонические составляющие в диапазоне частот  $100 \div 1000$  Гц, поэтому первая камера глушителя должна быть настроена на первую или более мощную гармонику. Частота гармонических составляющих шума может быть измерена или рассчитана, т.к. она кратна частоте вращающихся рабочих органов энергоустановок и количеству поршней, роторов или лопаток. Для того чтобы осуществить широкий частотный диапазон заглушения шума, без провалов, последующие камеры глушителя, образованные поперечными перегородками в его корпусе, должны отличаться по длине и не быть кратными первой камере. Акустические волны, порожденные работающей энергоустановкой, проникающие в камеры глушителя, образуют в них стоячие волны двух типов: продольные – вдоль оси глушителя, и радиальные – от центральной оси к периферии цилиндрического корпуса. Эти стоячие волны называются модами. У радиальных первой, второй и третьей мод стоячих волн узлы давления находятся, соответственно, в центре, на расстоянии  $0,68$  и  $0,789$  диаметра камеры глушителя. Для снижения радиальных резонансных мод впускной патрубков глушителя должен располагаться в центре, а кольцевые каналы, соединяющие камеры, должны иметь средний диаметр  $D_{k1}$  равный  $D \cdot 0,68$  для второй радиальной моды и  $D_{k2}$  равный  $D \cdot 0,789$  для третьей радиальной моды, где  $D$  – диаметр корпуса глушителя (рис. 1). Эти особенности конструкции описаны в патенте на полезную модель № 128246 [1].

Однако часть звуковой энергии из-за конечного размера трубок может проникать в следующую камеру и не заглушаться. В предлагаемой конструкции для захвата минимальной зоны, в которой расположен узел стоячей радиальной волны, предлагается расположение патрубка, соединяющего две соседние камеры. В двух имеющихся перегородках, разделяющих весь объем глушителя на три камеры, соединительные патрубки расположены на разных диаметрах, соответствующим различным модам колебаний.

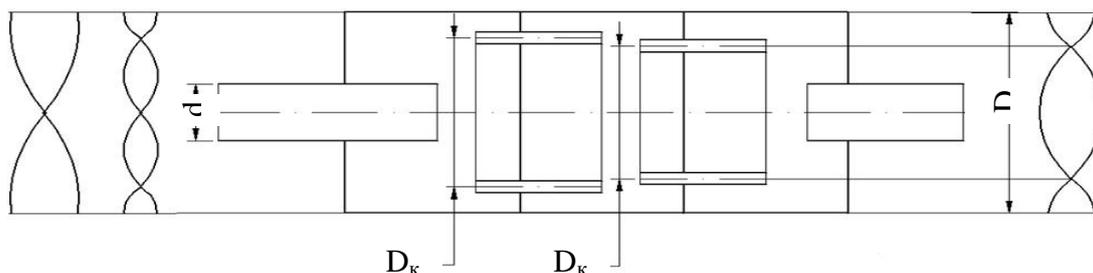


Рис. 1. Схема трехкамерного глушителя

В незаглушенном спектре присутствуют явно выраженные области с высоким значением уровня звукового давления. Таким образом, для хорошего заглушения нужно снижать шум именно на этих частотах. Для достижения этого подбирались соответствующие размеры патрубков, равные четверти длины волны, соответствующей той частоте, на которой должно наблюдаться максимальное снижение звука. В данной работе был применен расчет методом конечных элементов, так как аналитические формулы не позволяют учесть особенности конструкции рассматриваемых вариантов глушителя.

Математическое моделирование глушителей шума, как правило, проводится в рамках линейной теории акустики. При этом глушитель можно представить в виде некоторой системы с

одним входом и одним выходом, рассматривая его в качестве преобразователя звуковых колебаний. Поступающая по входному патрубку на вход глушителя звуковая волна частично отражается, образуя встречную волну, а частично проходит внутрь глушителя. Внутри глушителя часть звуковой мощности поглощается, а часть излучается в окружающее пространство наружными стенками глушителя, если не предусмотрены специальные мероприятия (звукоизоляция корпуса глушителя).

В качестве основной акустической характеристики глушителя используются так называемые потери передачи звуковой энергии ( $TL$ ), представляющие собой логарифмическое отношение волны, поступающей на вход глушителя, к прошедшей в глушитель при согласованной нагрузке на его выходе. Потери передачи зависят только от свойств самого глушителя и в общем случае являются функцией частоты. Этот показатель довольно легко может быть измерен и определен расчетным путем. Поэтому эту оценку целесообразно использовать в исследовательских целях для оценки эффективности той или иной конфигурации глушителя, а также при сравнении теоретических и экспериментальных результатов с целью проверки правильности разрабатываемых расчетных схем [2,3].

Метод конечных элементов для расчета глушителей шума имеет преимущество в том, что с его помощью в принципе можно моделировать глушители очень сложной конфигурации. Основу метода составляет разбиение объема глушителя на множество малых элементарных объемов — конечных элементов. Для каждого такого элемента записывается приближенное уравнение относительно неизвестной амплитуды звукового давления. Сопрягая решения для всех конечных элементов, находят звуковые давления в каждом элементарном объеме глушителя. Число элементов, на которые разбивается глушитель, зависит от конфигурации глушителя, его размеров по отношению к длинам волн в интересующем исследователя частотном диапазоне, а, в конечном счете, от требуемой точности получаемых результатов. Другим важным моментом рассматриваемого метода является задание граничных условий. Как правило, полагают, что поверхности глушителя являются абсолютно жесткими. Для внутреннего объема глушителя задаются параметры среды. А также необходимо задать условия на входном и выходном сечениях [4].

Исследования проводились в программных комплексах ANSYS и SYSNOISE. В первом из них создавалась геометрия модели, объем которой разбивался на элементы. Стоит отметить, что разбиение вследствие большого объема было неравномерное: вблизи концов патрубков и мелких деталей конструкции размер элементов задавался мельче, основной объем камеры был разбит более крупными элементами. Затем конечно-элементная модель импортировалась в программу SYSNOISE, где назначались граничные условия и проводился непосредственно расчет распределения звукового давления в области глушителя при заданной нагрузке.

В результате расчета были определены значения звукового давления в канале до и после глушителя, по которым вычислены значения потерь передачи звуковой энергии в канале во всем рассматриваемом диапазоне частот.

В качестве исследуемых конструкций были рассчитаны четыре варианта трехкамерного глушителя, описанного выше, отличающиеся конструктивным исполнением внутренних элементов.

В первом варианте (модель 1) переток из одной камеры в другую осуществлялся через щель, образуемую двумя концентрическими цилиндрами, расположенными в соответствии с распределением узлов давления и имеющих площадь, равную площадям входной и выходной труб.

Во втором варианте (модель 2) для повышения эффективности в высокочастотной области спектра (более 1000 Гц) внешние цилиндры, образующие кольцевые щели, которые соединяют соседние камеры, выполнялись перфорированными. Полости, образованные этими перфорированными цилиндрами и корпусом глушителя заполнялись звукопоглощающим материалом (например, базальтовым волокном). Для того чтобы звуковые волны беспрепятственно проникали в звукопоглощающий материал (ЗПМ) и в нем затухали, степень перфорации цилиндра должна составлять не менее 20%, т.е. цилиндр должен быть акустически прозрачным.

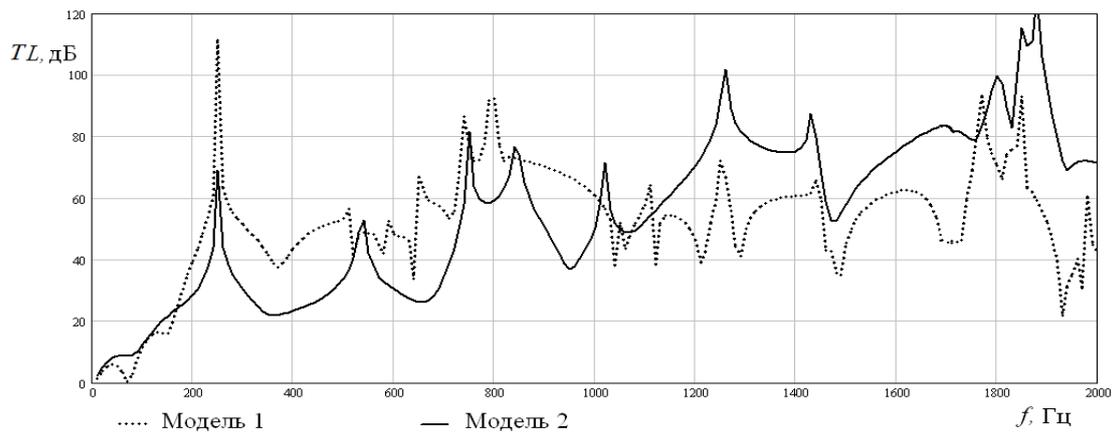


Рис. 2. Потери передачи звуковой энергии моделей 1 и 2

Расчет при помощи моделирования позволяет увидеть особенности прохождения потока в этих случаях и, как следствие, изменения в распределении звукового давления в объеме и работе глушителя. Спектры потерь передачи звуковой энергии в диапазоне при расчете от 10 до 2000 Гц с шагом 10 Гц для двух конструктивных вариантов, а также спектр требуемого снижения представлены на рис.2, по которому видно, как меняется характеристика работы глушителя при добавлении в его объем звукопоглощающего материала. На частотах выше 1000 Гц наблюдается улучшение работы, но на частотах до 1000 Гц потери передачи звуковой энергии оказываются меньше вследствие уменьшения объема резонансных камер. Поэтому было предложено добавлять ЗПМ не по всему кольцу, а только в половине его объема, вторая же половина как и в модели 1 оставалась бы резонансной. При этом были исследованы два варианта такого исполнения. В первом случае ЗПМ заполнял 1 и 3 четверти обоих колец (модель 3), во втором случае в первом кольце были заполнены 1 и 3 четверть, во втором – 2 и 4 (модель 4). Спектр потерь передачи звуковой энергии в этих случаях свыше 1200 Гц практически не отличается от показанного моделью 2, поэтому на рис. 3 представлены результаты расчета в диапазоне от 10 до 1200 Гц. Видно, что уменьшение объема ЗПМ позволило повысить эффективность работы глушителя относительно модели 2. Так же можно сказать, что спектры потерь передачи моделей 3 и 4 носят схожий характер, однако обладают своими особенностями, что в данном случае проявляется в диапазонах 750-800 и 850-1050 Гц.

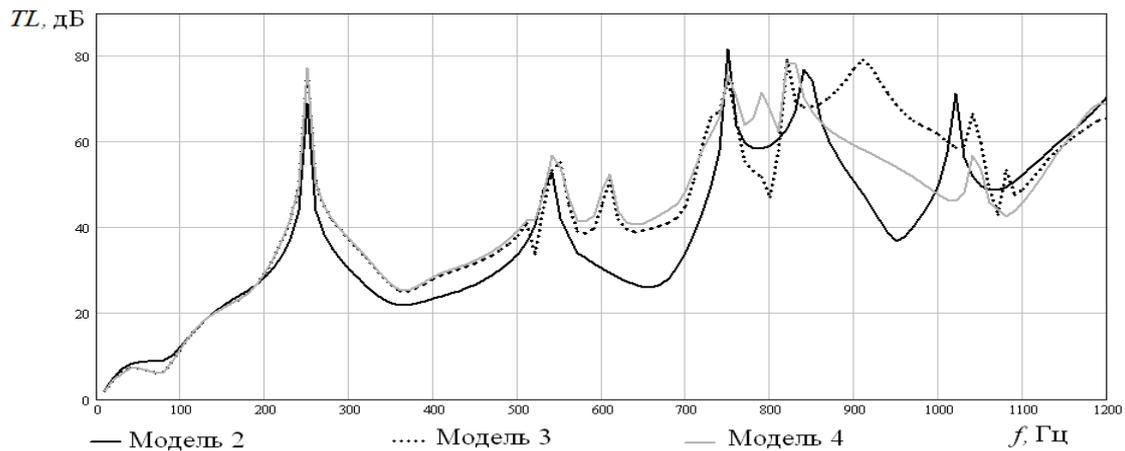


Рис. 3. Потери передачи звуковой энергии моделей 2, 3 и 4

Таким образом, можно сделать вывод о том, что расчет при помощи конечно-элементного моделирования позволяет проводить оценку работы глушителей довольно сложной конструкции, а также помогает определить влияние особенностей моделей близких в целом, но имеющих свои конструктивные отличия, аналитическое описание которых затруднительно. А потери передачи звуковой энергии, служащие критерием в качестве сравнения работы глушителей, позволяют проводить сравнение различных конструкций друг с другом.

## Список литературы

1. Глушитель шума энергетических установок: патент на полезную модель 128246 Рос. Федерация. №201218036/06; заявл. 28.12.2012; опубл. 20.05.2013 – 10 с.
2. Bilawchuk S., Fyfe K.R. Comparison and implementation of the various numerical methods used for calculating transmission loss in silencer systems // Applied Acoustics. — 2003. — V. 64, — № 9. — P. 903–916.
3. Аграфонова А.А. Оценка акустической эффективности глушителей шума // Труды XIX Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика А.И. Леонтьева. Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках – 20-24 мая 2013 г. – Орехово-Зуево – стр. 323-327.
4. Комкин А.И., Аграфонова А.А. Исследование излучения шума системой выпуска автомобиля методом конечных элементов // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 5. – С. 17–22.

## Эколого-геохимическая характеристика территории г. Павлодара

Ажаев Г.С.<sup>1</sup>, Кадырова М.С.<sup>2</sup>

Павлодарский Государственный университет им. С. Торайгырова, Республика Казахстан, г. Павлодар

Инновационный Евразийский университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

[mayya.kadyrova@mail.ru](mailto:mayya.kadyrova@mail.ru)

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду городов существенно ухудшает экологическое состояние территорий, вызывает изменение химического состава всех природных компонентов урбоэкосистемы, отрицательно сказывается на здоровье населения. Поэтому оценка экологического состояния урбанизированных территорий является на сегодняшний день одной из актуальных проблем. Попадающие в атмосферу загрязняющие вещества выпадают на почвенно-растительный покров, как на территории города, так и на прилегающий к нему пригород, загрязняя последние многими химическими веществами, составляющими целый блок токсичных, канцерогенных и мутагенных химических элементов, включая и тяжелые металлы.

Эколого-геохимическая оценка состояния снежного покрова, территорий урбоэкосистем в условиях многолетнего техногенного загрязнения представляется важной для осознания экологического риска для населения, необходимости оздоровления городской среды, разработки стратегии рационального природопользования, а также совершенствования организации геохимического мониторинга.

Снежный покров, являясь накопителем атмосферных выпадений (в холодное время года), широко используется многими исследователями в целях определения вещественного состава загрязнителей, мощности их потока и дальности переноса. В целом, снежный покров отражает состояние воздушного бассейна той или иной территории и дает первое визуальное представление о качестве среды обитания человека. Более глубокое его изучение позволяет оценить уровень загрязнения природной среды в количественных показателях.

Целью исследований было определение тяжелых металлов и микроэлементов в твердой и водной фазах снега на территории города Павлодара Республики Казахстан.

Город Павлодар - многопрофильный промышленный центр. На период исследований в городе зарегистрировано 87 средних и крупных промышленных предприятий. К наиболее крупным промышленным предприятиям относятся алюминиевый, электролизный, машиностроительный, химический, нефтехимический, картонно-рубероидный, судостроительно-судоремонтный, инструментальный, тракторный, резинотехнический заводы, завод металлоконструкций и электромонтажных изделий и др. Кроме того, на территории города расположены 3 ТЭЦ, более 20 котельных и около 5800 единиц частного домостроения, которыми в год сжигается общей сложностью более 3,5 млн. т. угля. Следует иметь в виду и тот факт, что в черте города Павлодара находится свыше 60300 садовых участков, где сосредоточено производство овощей, картофеля, фруктово-ягодных культур.

Выбросы предприятиями загрязняющих веществ в атмосферу города Павлодара составили 131 тыс. тонн. Еще 13 тыс. тонн поступает в нее с выхлопными газами автотранспорта.

Исследования снега проводились в различных районах города Павлодара и его промышленных зонах (северной, восточной, центральной) согласно методическим рекомендациям [1].

При исследовании загрязнения окружающей среды вопрос о фоне имеет первостепенное значение. Для этих целей на удалении 80 км от города в противоположную сторону от розы ветров были отобраны пробы, место отбора которых удовлетворяет условию минимальной урбанизации прилегающей территории, что позволило авторам принять уровень накопления микроэлементов в этих пробах за региональный фон (таблица 1).

**Таблица 1.** Фоновое содержание химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова

Фаза	Cu	Zn	Cd	Pb
Водная, мкг/дм <sup>3</sup>	0,3	25,5	0,14	0,11
Твердая, мг/кг	20,5	48,3	0,16	23,2

Среднее содержание и пределы колебаний химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова на территории г. Павлодара представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Среднее содержание химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова на территории г. Павлодара

Элемент	Водная фаза мкг/дм <sup>3</sup>	Kc	Твердая фаза мг/кг	Kc
Cu	<u>14,7</u> 0,4-79,9	<u>49,0</u> 1,3-266,3	<u>137,4</u> 29,8-392,7	<u>6,8</u> 1,5-19,2
Zn	<u>95,3</u> 18,9-270,6	<u>3,7</u> 0,7-10,6	<u>264,3</u> 54,5-785,5	<u>5,6</u> 1,1-16,3
Cd	<u>3,2</u> 0,1-45,0	<u>23,1</u> 0,9-321,3	<u>2,1</u> 0,2-7,0	<u>13,2</u> 1,1-43,6
Pb	<u>4,1</u> 0,1-16,2	<u>34,1</u> 0,8-147,6	<u>102,5</u> 28,7-198,8	<u>4,5</u> 1,2-8,6

*Примечание:* Kc - коэффициент концентрации, в числителе – средняя концентрация; в знаменателе - пределы колебаний.

По результатам анализа снегового покрова установлено, что средняя концентрация химических элементов в водной фазе превышает фон в 3,7-48,9 раза, в твердой фазе - 4,1-10,2 раза.

Средняя концентрация Cu, Zn, Cd, Pb в твердой фазе снегового покрова в 2,9-15,9 раза выше их кларка в земной коре и в 4,1-10,2 раза их кларка в почве.

Уровень концентрации химических элементов в твердой и водной фазах снегового покрова различных зон г. Павлодара неодинаков (таблица 3), что отражает специфику разнопрофильных производств, их неодинаковую техногенную нагрузку, степень очистки выбросов и т.д.

**Таблица 3.** Среднее содержание химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова различных зон г. Павлодара

Зоны города	Cu	Zn	Cd	Pb
Северная зона (химический, нефтехимический, тракторный, картонно-рубероидный заводы, ТЭЦ-3, ОАО «Казэнергокабель» и др.)	<u>12,7</u> 161,7	<u>90,7</u> 290,1	<u>1,6</u> 2,4	<u>3,5</u> 110,7
Восточная зона (алюминиевый, электролизный, машиностроительный заводы, ТЭЦ-1, АО «Строймонтаж» и др.)	<u>24,4</u> 135,2	<u>110,9</u> 260,4	<u>7,8</u> 2,3	<u>5,8</u> 107,0
Центральная (Селитебная) зона (АО «Павлодармолоко», ТОО ФК «Ромат», АО «Энергострой»)	<u>3,8</u> 65,3	<u>79,1</u> 190,1	<u>0,5</u> 0,7	<u>1,1</u> 69,1

*Примечание:* в числителе - водная фаза, мкг/дм<sup>3</sup>; в знаменателе - твердая фаза, мг/кг.

Самые высокие концентрации химических элементов в компонентах снегового покрова характерны для восточной и северной зон города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия и ТЭЦ. Указанные зоны характеризуются высоким уровнем запыленности (более 146,3 кг/км<sup>2</sup>·сут) и естественным притоком химических элементов с атмосферной пылью. Так, только алюминиевым и нефтехимическим заводами и тремя ТЭЦ города в атмосферу в 2011 году было выброшено 126,2 тыс. т. загрязняющих веществ (из 130,5 тыс. т. в целом по городу от стационарных источников). Наиболее выраженные концентрации химических элементов в снеговом покрове располагаются по направлениям господствующих ветров (юго-западное, юго-

восточное, западное). По мере удаления от промышленных центров концентрация элементов в снеговом покрове постепенно уменьшается.

Поскольку в городе предприятия образуют территориально-промышленные узлы, очаги загрязнения имеют не один центр, к которому приурочено максимальное содержание в снеге того или иного элемента, а несколько центров, различающихся по составу накапливающихся элементов и по интенсивности их накопления (таблицы 4-5).

**Таблица 4.** Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения водной фазы снегового покрова г. Павлодара

Ареал (зоны) города	Среднее значение $Z_c$	Формула геохимической специализации
Северная зона (химический, нефтехимический, тракторный, картонно-рубероидный заводы, ТЭЦ-3, ОАО «Казэнергокабель» и др.)	249,3	$Cu_{42,4}Pb_{31,5}Cd_{11,1}Zn_{3,6}$
Восточная зона (алюминиевый, электролизный, машиностроительный заводы, ТЭЦ-1, АО «Строймонтаж» и др.)	235,2	$Cu_{81,3}Cd_{55,7}Pb_{52,8}Zn_{4,3}$
Центральная (Селитебная) зона (АО «Павлодармолоко», ТОО ФК «Ромат», АО «Энергострой»)	53,6	$Cu_{12,8}Pb_{9,6}Cd_{3,6}Zn_{3,1}$
Общее по городу	179,4	$Cu_{45,5}Pb_{31,3}Cd_{23,5}Zn_{3,7}$

**Таблица 5.** Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения твердой фазы снегового покрова г. Павлодара

Зоны города	Среднее значение $Z_c$	Формула геохимической специализации
Северная зона (химический, нефтехимический, тракторный, картонно-рубероидный заводы, ТЭЦ-3, ОАО «Казэнергокабель» и др.)	30,6	$Cd_{14,9}Cu_{7,9}Zn_{6,0}Pb_{4,8}$
Восточная зона (алюминиевый, электролизный, машиностроительный заводы, ТЭЦ-1, АО «Строймонтаж» и др.)	27,7	$Cd_{14,1}Cu_{6,6}Zn_{5,4}Pb_{4,6}$
Центральная (Селитебная) зона (АО «Павлодармолоко», ТОО ФК «Ромат», АО «Энергострой»)	11,7	$Cd_{4,6}Zn_{3,9}Cu_{3,2}Pb_{3,0}$
Общее по городу	23,3	$Cd_{11,2}Cu_{5,9}Zn_{5,1}Pb_{4,1}$

Наиболее контрастными по содержанию химических элементов в снеговом покрове являются северная и восточная зоны вокруг крупных промышленных узлов, наименее - центральная зона, где практически отсутствуют промышленные предприятия, ТЭЦ, котельные. На основе полученных данных, на территории города выделены аномальные зоны, относящиеся к высокому ( $Z_c = 128-256$ ), среднему ( $Z_c = 64-128$ ) и низкому уровням загрязнения ( $Z_c = 32-64$ ). Зоны подробно охарактеризованы с точки зрения преобладающих источников загрязнения, геохимических спектров и адресной привязки наиболее интенсивно загрязненных участков.

Выполненные исследования показали, что среда обитания обследованных территорий характеризуется значительной нагрузкой на все виды природных деponирующих сред: почвенный покров, водные объекты, атмосферный воздух, снеговой покров. Техногенное загрязнение г. Павлодара тяжелыми металлами происходит за счет пылевых выбросов промпредприятий, деятельности металлургических, нефтехимического заводов, объектов теплоэнергетики, хранения отходов производства (шламонакопители, шлакоотвалы, золоотвалы, золошлакоотвалы), сточных вод предприятий, автотранспорта, спецтехники и др. [2]. Загрязнение снежного покрова города Павлодара носит полиметалльный характер и распределяется по территории г. Павлодара мозаично, образуя очаги в зависимости от источников выбросов.

#### Список литературы

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при

- контроле загрязнения окружающей среды металлами. - М.: Метеоиздат, 1982. - 109 с.
2. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Эколого-геохимическая характеристика огородных культур, выращенных на садово-огородных почвах г. Павлодара // Материалы V Международной биогеохимической школы «Актуальные проблемы геохимической экологии». - Семипалатинск, 2005. - С. 388-392.

УДК 629.113.62-235; 621.85

**Правило десяти моментов холостого хода механической передачи****И.К.Александров**

Вологодский гос. техн. ун-т, Россия

[alex@mh.vstu.edu.ru](mailto:alex@mh.vstu.edu.ru)

В классических курсах «Теория машин и механизмов» и «Детали машин» [1, 2] в целях упрощения определения величины фрикционных потерь в элементах механических передач принято допущение о возможности использования в инженерных расчетах формулы, предложенной Амонтоном (1699 г.) [3]:

$$F_{TP} = f_{TP} \cdot F_H , \quad (1)$$

где  $F_H$  - нормальная сила, передаваемая на площадку контакта между взаимодействующими телами,  $H$ ;  $F_{TP}$  - сила трения – сила, возникающая при относительном перемещении тел в касательном направлении,  $H$ ;  $f_{TP}$  - коэффициент трения.

Однако реально в соответствии с законом Амонтона-Кулона (в его полной форме) [4,5,6] фрикционные силы в паре трения определяются зависимостью:

$$F_{\Phi P} = F_{TP} + F_{CC} = f_{TP} \cdot F_H + F_{CC} , \quad (2)$$

где  $F_{\Phi P}$  - суммарная фрикционная сила,  $H$ ;  $F_{CC}$  - сила молекулярного сцепления, величина которой не зависит от значения силы  $F_H$ ,  $H$ .

Допущение отсутствия сил сцепления в элементах кинематической цепи, определяемое зависимостью (1), приводит к тому, что относительные механические потери, оцениваемые КПД, как в элементах кинематической цепи (КЦ), так и в целом для всей КЦ считаются постоянными, то есть не зависят от нагрузочного режима передаточного механизма. В таком случае расчёт суммарного КПД всей КЦ сводится к очень простому выражению

$$\eta_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n R_i , \quad (3)$$

где  $\eta_{\Sigma}$  - суммарное значение КПД кинематической цепи;  $n$  – количество элементов кинематической цепи;  $R_i$  - предельное (максимальное) значение КПД соответствующего ( $i$ -го) элемента КЦ.

Ущербность расчета КПД как произведения постоянных коэффициентов очевидна, так как при этом не учитывается влияние на КПД нагрузочных, скоростных и температурных режимов, вида и состояния смазки и других условий эксплуатации. Во многих случаях такая методика расчета энергетической эффективности механической передачи становится неприемлемой.

Важнейшим фактором, принципиально изменяющим значение КПД, является нагрузочный режим работы механизма, определяемый передаваемым крутящим моментом, который при работе любой машины меняется в широких пределах: от нуля до максимально допустимых значений. Остальные факторы: скоростной и температурный режимы и другие эксплуатационные условия зачастую можно стабилизировать в пределах номинальных значений.

Впервые ревизию упрощенной методики энергетического анализа механической передачи провел Левит Г.А. [7], который представил КПД механической трансмиссии как функцию, зависящую от нагрузочного (мощностного) режима.

Левит Г.А. предложил разделить общие потери в передаче на нагрузочные и постоянные:

$$N_C = N_H + N_X , \quad (4)$$

где  $N_C$  - суммарные потери мощности;  $N_H$  - нагрузочные (переменные) потери мощности (эти потери прямо пропорциональны реализуемой полезной мощности);  $N_X$  - постоянные потери – мощность, необходимая для совершения холостого хода механизма.

Отсюда возникла принципиальная формула КПД передачи:

$$\eta = 1 - \frac{N_H}{N} - \frac{N_X}{N}, \quad (5)$$

где  $N$  - полная мощность на приводном валу.

Справедливо полагая, что при выполнении холостого хода КПД передачи равен нулю, а близкое к максимальному стабильное значение КПД достигается только при значительной полезной нагрузке, Левит предложил для расчёта текущего значения КПД функцию вида:

$$\eta = \eta_{\Sigma} \left(1 - \frac{N_X}{N}\right). \quad (6)$$

Здесь  $\eta_{\Sigma}$  - предельное суммарное значение КПД передачи, определяемое по традиционной формуле (3).

Следует, однако, отметить, что гиперболическая зависимость (6) содержит методологическую некорректность, которая заключается в том, что использование отношения мощностей  $N_X / N$  допустимо только при условии соблюдения равной частоты вращения приводного вала как при холостом ходе, так и при нагрузочном режиме работы механизма:  $\omega_X = \omega = const$ . В противном случае формула (6) не работает.

Допустим, что привод механизма осуществляется двигателем с мягкой характеристикой (например, электродвигателем постоянного тока последовательного возбуждения), который имеет механическую характеристику, близкую к режиму постоянной мощности. В этом случае  $N_X \cong N$  и КПД, вычисленный по формуле Левита, во всем диапазоне нагрузок окажется равным нулю.

Следовательно, мы вынуждены принять условие постоянства скоростного режима и внести коррективы в формулу (6), а именно, заменить отношение мощностей отношением моментов:

$$\frac{N_X}{N} = \frac{M_{X\Sigma} \cdot \omega}{M \cdot \omega} = \frac{M_{X\Sigma}}{M},$$

при  $\omega = const$

где  $M$  - полный момент на приводном валу;  $M_{X\Sigma}$  - суммарный момент холостого всех элементов передачи, приведенный к приводному валу;  $\omega$  - заданная частота вращения приводного вала.

Итак, перепишем формулу Левита в корректном виде:

$$\eta = \eta_{\Sigma} \left(1 - \frac{M_{X\Sigma}}{M}\right). \quad (7)$$

при  $\omega = const$

На рис. 1 зависимость (7) представлена графически.

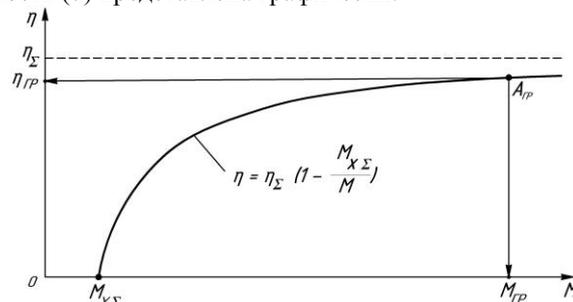


Рис. 1. Гиперболическая зависимость КПД механической передачи от величины момента на приводном валу  $\eta = f(M)$

Поскольку в формуле (7) значения  $\eta_\Sigma$  и  $M_{X\Sigma}$  - константы, то функция  $\eta = f(M)$  является гиперболой, для которой соблюдаются два очень важных для нас условия:

$$1) \lim_{M \rightarrow \infty} \left( \eta_\Sigma - \frac{\eta_\Sigma M_{X\Sigma}}{M} \right) = \eta_\Sigma ; \quad 2) \eta_\Sigma - \frac{\eta_\Sigma M_{X\Sigma}}{M} = 0$$

при  $M \rightarrow \infty$  при  $M = M_{X\Sigma}$

Для данной зависимости характерно то, что по мере увеличения нагрузочного режима КПД вначале существенно возрастает, но, достигнув некоего граничного значения (на графике точка  $A_{ГР}$ ), его величина стабилизируется. Следовательно, за пределами граничного КПД значения допустимо использовать упрощенную (традиционную) методику расчета. Определение величины граничного нагрузочного режима подробно будет рассмотрено ниже.

Предложенная Левитом математическая модель КПД требует четкого обоснования с позиции физических законов взаимодействия сил в парах трения. Иначе возникает сомнение: является ли эта функция гиперболой, а может быть имеет экспоненциальную или какую-либо иную функциональную зависимость.

Представим столь необходимое доказательство.

Абсолютно очевидно, что взаимодействие между касательной (фрикционной) и нормальной силой в кинематической паре скольжения для передачи вращательного движения также подчиняется закону Амонтона-Кулона, который изначально был установлен для пар трения на плоскости. На рис. 2 представлено это взаимодействие сил в паре трения скольжения для передачи вращательного движения по аналогии с взаимодействием этих сил на плоскости. Показано, что при выполнении вращательного движения возникающие в паре фрикционные силы уравниваются окружным усилием  $F_C$ :

$$F_C = f_{TP} \cdot F_H + F_{CЦ} . \quad (8)$$

где  $F_C = -F_{\Phi P}$  - окружное усилие в кинематической паре, затрачиваемое на преодоление суммарных фрикционных сил;  $F_H$  - нормальное усилие, действующее в кинематической паре (заметим, что усилие, передаваемое от одного элемента кинематической пары к другому, в данном случае всегда является нормальным по отношению к поверхности контактируемых тел независимо от его (усилия) направленности в вертикальной плоскости);  $F_{TP}$  - сила трения, часть фрикционных сил, определяемая пропорционально величине нормальной нагрузки на кинематическую пару;  $F_{CЦ}$  - сила сцепления, часть фрикционных сил, определяемая величиной сил молекулярного сцепления в кинематической паре.

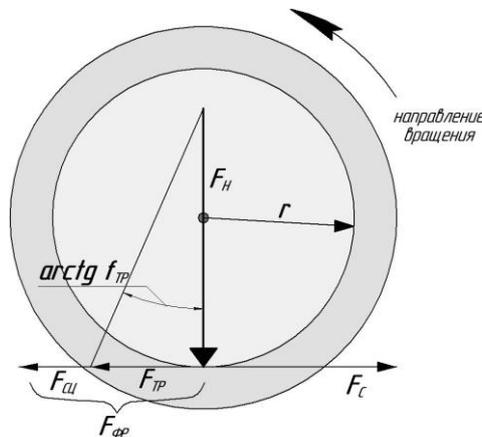


Рис. 2. Взаимодействие сил в паре трения для передачи вращательного движения

Следовательно, в данном случае мы получаем все основания перенести модель взаимодействия фрикционных сил на плоскости к условиям вращательного движения. Однако, в качестве нагрузочного показателя при передаче вращательного движения, как известно, используют крутящий момент. Для этой цели умножим правую и левую части уравнения (8) на плечо  $r$ , на котором возникают фрикционные силы, и в результате получим уравнение моментов:

$$F_C \cdot r = (f_{TP} \cdot F_H + F_{СЦ}) \cdot r = f_{TP} \cdot F_H \cdot r + F_{СЦ} \cdot r, \quad H \cdot m \quad (9)$$

Перепишем уравнение (9) в более удобной форме

$$M_C = f_{TP} \cdot M_{ПОЛ} + M_{СЦ}, \quad H \cdot m, \quad (10)$$

где  $M_C$  - момент сопротивления кинематической пары прокручиванию,  $H \cdot m$ ;  $M_{ПОЛ} = F_H \cdot r$  - полезный (нагрузочный) крутящий момент, передаваемый кинематической парой,  $H \cdot m$ ;  $M_{СЦ}$  - момент, обусловленный силами молекулярного сцепления, т.е. момент, который возникает при прокручивании кинематической пары даже при отсутствии полезного крутящего момента. Иными словами, этот показатель как раз и является моментом холостого хода кинематической пары,  $M_{СЦ} = M_X, \quad H \cdot m$ .

Итак, окончательно:

$$M_C = f_{TP} \cdot M_{ПОЛ} + M_X \quad (11)$$

Таким образом, получаем зависимость механических потерь в паре трения скольжения для передачи вращательного движения в функции от полезной нагрузки (рис. 3). Как видим, эта зависимость по форме взаимодействия между нагрузкой и фрикционными потерями аналогична закону Амонтона-Кулона.

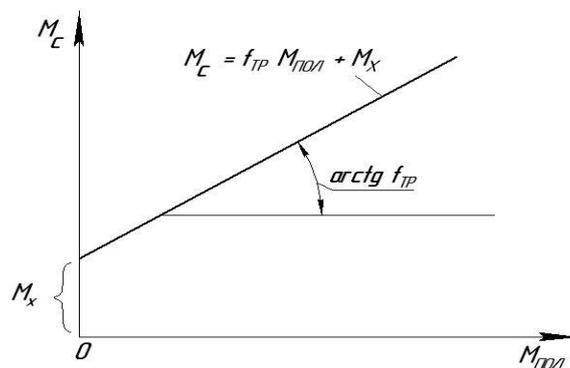


Рис. 3. Зависимость момента сопротивления пары трения для передачи вращательного движения от передаваемого полезного момента

Формула (11) имеет весьма ограниченную область использования, так как коэффициент трения характеризует энергетическое взаимодействие только в паре контактируемых тел. Для определения же потерь в элементах КЦ и, тем более, в КЦ в целом, как правило, применяют такой универсальный показатель как КПД ( $\eta$ ), который определяют отношением энергетического показателя на выходе из элемента КЦ к аналогичному энергетическому показателю на его входе. В некоторых случаях бывает удобно использовать также величину относительных механических потерь в передаче:

$$k = 1 - \eta \quad (12)$$

Между коэффициентом трения и КПД, безусловно, существует взаимосвязь.

Примем условие  $M_{ПОЛ} = M - M_C$ , где  $M$  - полный момент, передаваемый кинематической парой. Тогда, используя уравнение (11), запишем:

$$M_C = f_{TP} \cdot (M - M_C) + M_X = f_{TP}M - f_{TP}M_C + M_X,$$

$$M_C(1 + f_{TP}) = f_{TP}M + M_X.$$

В результате получаем:

$$M_C = \frac{f_{TP}}{1 + f_{TP}} \cdot M + \frac{M_X}{1 + f_{TP}}. \quad (13)$$

Упростим форму записи выражения (13)

$$M_C = k \cdot M + M_0, \quad (14)$$

здесь  $k$  - величина относительных механических потерь в передаче (см. (12));  $M_0$  - условное начальное значение момента сопротивления – ордината точки пересечения аппроксимирующей зависимости с осью ординат.

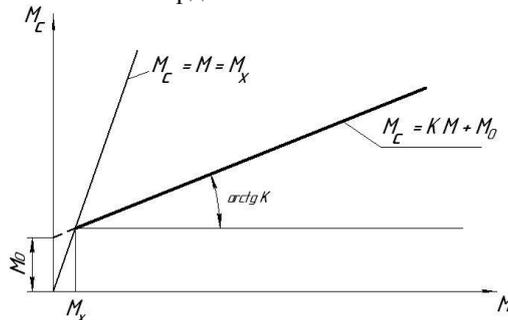


Рис. 4. Зависимость момента сопротивления пары трения для передачи вращательного движения от полного момента на приводном валу

Обратимся к графическому представлению функции  $M_C = f(M)$  (рис.4), где кроме указанной зависимости проведена прямая  $M_C = M$ , которая определяет соотношение масштабов, выбранных по осям координат (обычно принимают более крупный масштаб по оси ординат). Равенство  $M_C = M$  означает отсутствие при передаче вращения полезной нагрузки, т.е. передача работает в режиме холостого хода, а значит правомерно записать условие:

$$M_C = M = M_X. \quad (15)$$

На графике видим, что  $M_0 \neq M_X$ . Соотношение между этими величинами будет показано ниже.

Теперь представим КПД рассматриваемого элемента КЦ с учетом установленных выше зависимостей.

В соответствии с общим понятием КПД запишем:

$$\eta = \frac{N_{ПОЛ}}{N}. \quad (16)$$

Здесь  $N_{ПОЛ}$  - полезная (выходная) мощность элемента КЦ.

Преобразуем (16):

$$\eta = \frac{N - N_C}{N} = \frac{(M - M_C)\omega}{M \cdot \omega} = 1 - M_C / M.$$

Запишем последнее выражение с учетом (14):

$$\eta = 1 - \frac{kM + M_0}{M} = (1 - k) - M_0 / M = R - M_0 / M, \quad (17)$$

где  $R$  - некоторая константа, значение которой всегда меньше единицы.

Определим максимальное значение КПД:

$$\lim \eta = R - M_0 / M = R \quad (18)$$

при  $M \rightarrow \infty$

То есть величина  $R$  и есть максимальное (предельное) значение КПД рассматриваемого элемента КЦ. Именно предельные значения КПД отдельных кинематических пар предлагают использовать классические курсы в качестве констант для формулы (3).

Поскольку  $R = 1 - k$ , следовательно, предельное значение КПД элемента КЦ легко может быть установлено путем аппроксимации массива экспериментальных значений зависимости  $M_C = f(M)$  функцией (14).

Теперь представим выражение КПД кинематической пары (или элемента КЦ) в более удобном виде для применения в инженерных расчетах.

КПД при условии  $M = M_X$  равен нулю:  $\eta = R - M_0 / M_X = 0$ . Откуда следует  $M_0 = M_X \cdot R$ .

Тогда, используя (17), получаем для элемента КЦ:

$$\eta = R - \frac{M_X R}{M} = R(1 - M_X / M) \quad (19)$$

По аналогии функциональная зависимость КПД для КЦ в целом будет представлена в виде:

$$\eta = \eta_\Sigma (1 - M_{X\Sigma} / M)$$

Последняя зависимость полностью совпадает с предложенным выражением (7). Таким образом, соответствие гиперболической модели КПД механической передачи законам физики считаем доказанным.

Теперь вернемся к вопросу о граничном значении КПД (рис.1). Ранее в работах [8,9,10 и др.] автором было предложено определять положение точки  $A_{ГР}$  на основе стабилизации производной (скорости изменения) функциональной зависимости  $\eta = f(M)$ . В данной статье впервые рассмотрен метод, который значительно упрощает энергетический анализ механической передачи, фактически не снижая качество результата, что способствует внедрению данного метода в инженерную практику.

Примем условие, что достоверность вычислений предельного значения КПД по формуле (3) составляет 90% (что, кстати, в большинстве случаев соответствует действительности). Таким образом, получаем величину граничного значения КПД:  $\eta_{ГР} = 0,9\eta_\Sigma$ . Далее находим значение граничного момента, при котором КПД передачи становится стабильным (см. рис. 1):

$$\begin{aligned} 0,9\eta_\Sigma &= \eta_\Sigma (1 - M_{X\Sigma} / M_{ГР}) && \implies 0,9 = 1 - M_{X\Sigma} / M_{ГР} \\ \implies 0,1 &= M_{X\Sigma} / M_{ГР} \end{aligned}$$

В результате получаем весьма примечательное соотношение:

$$M_{ГР} = 10M_{X\Sigma} \quad (20)$$

На основе зависимости (20) энергетическая оптимизация механической передачи решается очень просто. Назовем этот методический подход: «Правилом десяти моментов холостого хода».

Суть «Правил» заключается в том, что сначала экспериментально (путем прокручивания) находят величину холостого хода передачи. Затем за счет увеличения полезной нагрузки на механизм создают на приводном валу крутящий момент, десятикратно превышающий величину момента холостого хода. Соответственно, с учетом заданного скоростного режима определяют и минимально необходимую мощность приводного двигателя:

$$N_{ДВ} = M_{ГР} \cdot \omega, \quad Вт$$

Однако следует указать, что не всегда представляется возможным реализовать указанное Правило (20). Приведем примеры таких неблагоприятных ситуаций.

Отсутствие возможности увеличения нагрузки на рабочем органе из технологических условий. Например, на металлорежущих станках изменение режима обработки детали ухудшает качество продукции.

Механизм имеет тихоходный рабочий орган, который приводится в действие через трансмиссию, имеющую большое передаточное отношение. Например, механический подъемник или домкрат (и т.п.). В данном случае существенное повышение нагрузки на рабочем органе приводит к незначительному изменению крутящего момента на приводном валу. К тому же такие передачи обладают моментом холостого хода по величине сопоставимой с нагрузочным моментом. Ввиду указанных обстоятельств, граничный нагрузочный режим, как правило, оказывается недостижимым.

Ограничение возможности увеличения нагрузки на привод по прочностным показателям его конструктивных элементов.

Во всех указанных ситуациях работа механизма будет происходить в «дограничных» режимах, а, следовательно, использование при расчете гиперболической функции (7) становится обязательным.

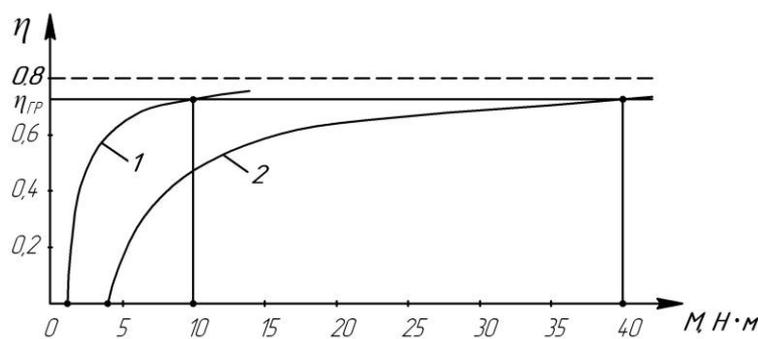


Рис. 5. Влияние момента холостого хода на энергетическую эффективность механической передачи:

1 - зависимость  $\eta = 0,8(1 - 0,1/M)$ , 2 - зависимость  $\eta = 0,8(1 - 0,4/M)$

Необходимо обратить особое внимание на высокую чувствительность функциональной зависимости КПД к изменению величины момента холостого хода.

На графике представлены зависимости изменения КПД от момента на приводном валу двух трансмиссий, имеющих одинаковое значение предельного КПД, но потери на холостой ход у первой трансмиссии в четыре раза меньше, чем у второй.

Как видим, вторая трансмиссия имеет весьма значительный диапазон нерациональных («дограничных») нагрузочных режимов и стабилизация КПД данной трансмиссии возникает при существенно большем крутящем моменте. Очевидно, что эксплуатационный КПД машины с таким передаточным механизмом будет намного ниже.

Таким образом, приходим к выводу, что любые мероприятия по уменьшению величины момента холостого хода являются весьма эффективным методом снижения фрикционных потерь в механической передаче.

Рекомендуем читателю ознакомиться с работой [11], где приведен пример энергетического расчета механизма, работающего в дограничном нагрузочном режиме

#### Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория машин и механизмов. - М.: Наука, 1988. - 639 с
2. Решетов Д.Н. Детали машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 496 с.
3. Amotos V. De resistance caus ee dans mashines. Motores de l'Аkademie Royal. 1699. P. 203-222.
4. Colomb С. А. Theorie des mashines simples. Memoires de mathematique de physigue l'Аkademie des seiences. 1785. Т. 10. P. 161-331.
5. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. - Киев: Техника, 1970. - 396 с.
6. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. - М.: Машиностроение, 1977. - 526с.
7. Левит Г.А. Расчет потерь на трение в приводах станков// Станки и инструмент. - 1959.- №9. - С. 3-10.
8. Александров, И.К. Энергосбережение в машинных агрегатах (основы энергетического анализа,

- пути снижения энергоёмкости машин и механизмов)/ И.К. Александров. - Вологда: Сев.-Двинское отд. инженерной академии РФ, 1993. - 192с.
9. Александров, И.К. К определению потерь в механических передачах/ И.К. Александров// Вестник машиностроения. - 1998.- №6. – С. 12-14.
  10. Александров И.К. Определение потерь в механических трансмиссиях с учетом нагрузочных режимов //Техника в сельском хозяйстве. 1999. №1. С.20-24.
  11. Александров, И.К. Энергетический расчет механического подъемника на основе гиперболической модели КПД / И.К. Александров// Вестник машиностроения. - 2013.- №5. – С. 28-31.

**Тренды ионосферных параметров над новосибирском в концепции охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы.**

**Белинская А.Ю., Грехов О.М.**

*Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, Россия, г. Новосибирск*

[anbell@ngs.ru](mailto:anbell@ngs.ru)

В научном сообществе от года к году растет интерес к проблеме долговременных трендов параметров верхней атмосферы. Увеличение количества парниковых газов вызывает общие изменения во всей толще атмосферы от тропосферы до термосферы, что находит свое отражение в трендах параметров ионосферы. В последние десятилетия сформулирована концепция охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы [1].

Исследовать долговременные тренды параметров нейтрального газа верхней атмосферы достаточно сложно, т.к. данные по ним получены со спутников, поэтому ряды относительно короткие (несколько лет) и их практически невозможно сравнивать из-за различия орбит, аппаратуры и прочих факторов. Данные вертикального зондирования на ионосферных станциях дают обширный материал для исследования трендов ионосферных параметров и получения на их основе представлений о трендах параметров термосферы (см., например, [2-5]).

На Геофизической обсерватории «Ключи» (54,84° с.ш., 83,23° в.д.), расположенной в 10 км от Новосибирского научного центра, ионограммы для каждого часа и непрерывные ряды основных параметров ионосферы [6]. Для исследования морфологических особенностей поведения ионосферы над Новосибирском методом текущих медиан в качестве параметра, характеризующего состояние ионосферы, была выбрана критическая частота слоя F2 ( $foF2$ ).

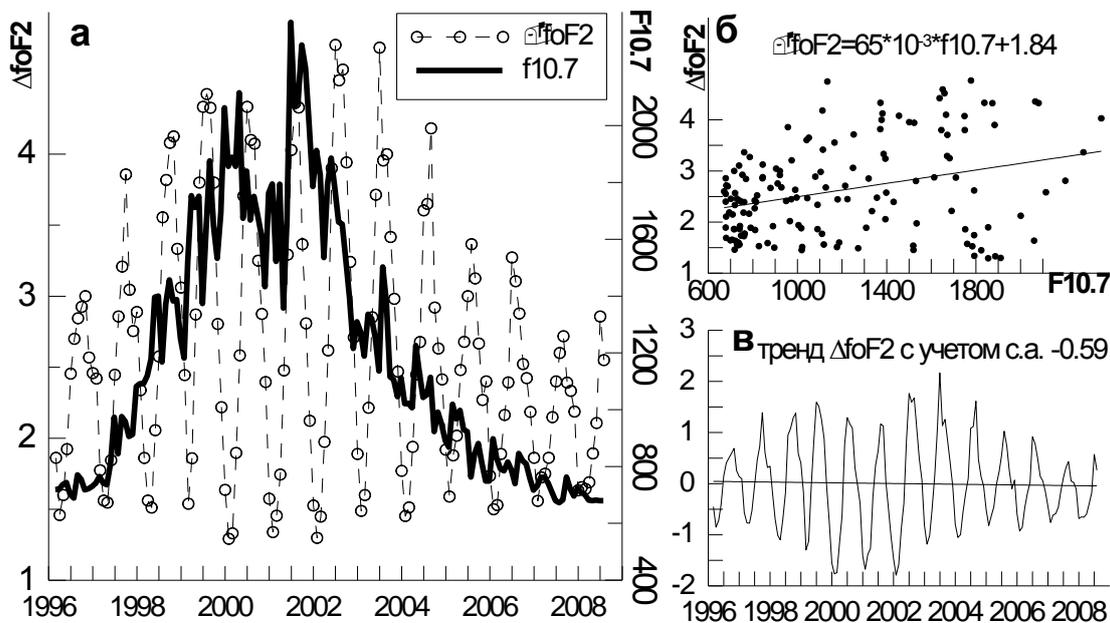


Рис.1. Зависимость  $\Delta foF2$  от уровня солнечной активности (с.а.). а) временной ход  $\Delta foF2$  и индекса с.а.  $f10.7$ , б) зависимость  $\Delta foF2$  от  $f10.7$ , в) временной ход отклонений  $\Delta foF2$  от аппроксимирующей прямой зависимости  $\Delta foF2$  от  $f10.7$  с трендом.

Нами рассмотрен период с мая 1996 по декабрь 2008 гг., т.е. период 23-го солнечного цикла [7]. 23-й цикл солнечной активности начался в мае 1996 года и завершился в январе 2009 года. Он продолжался 12,6 года. Максимум отмечен в марте 2000 и вторичный максимум - в ноябре 2001 года, минимум – в декабре 2008 г.. В качестве индекса солнечной активности (с.а.) используется величина потока радиоизлучения на волне 10,7 см ( $f_{10.7}$ ).

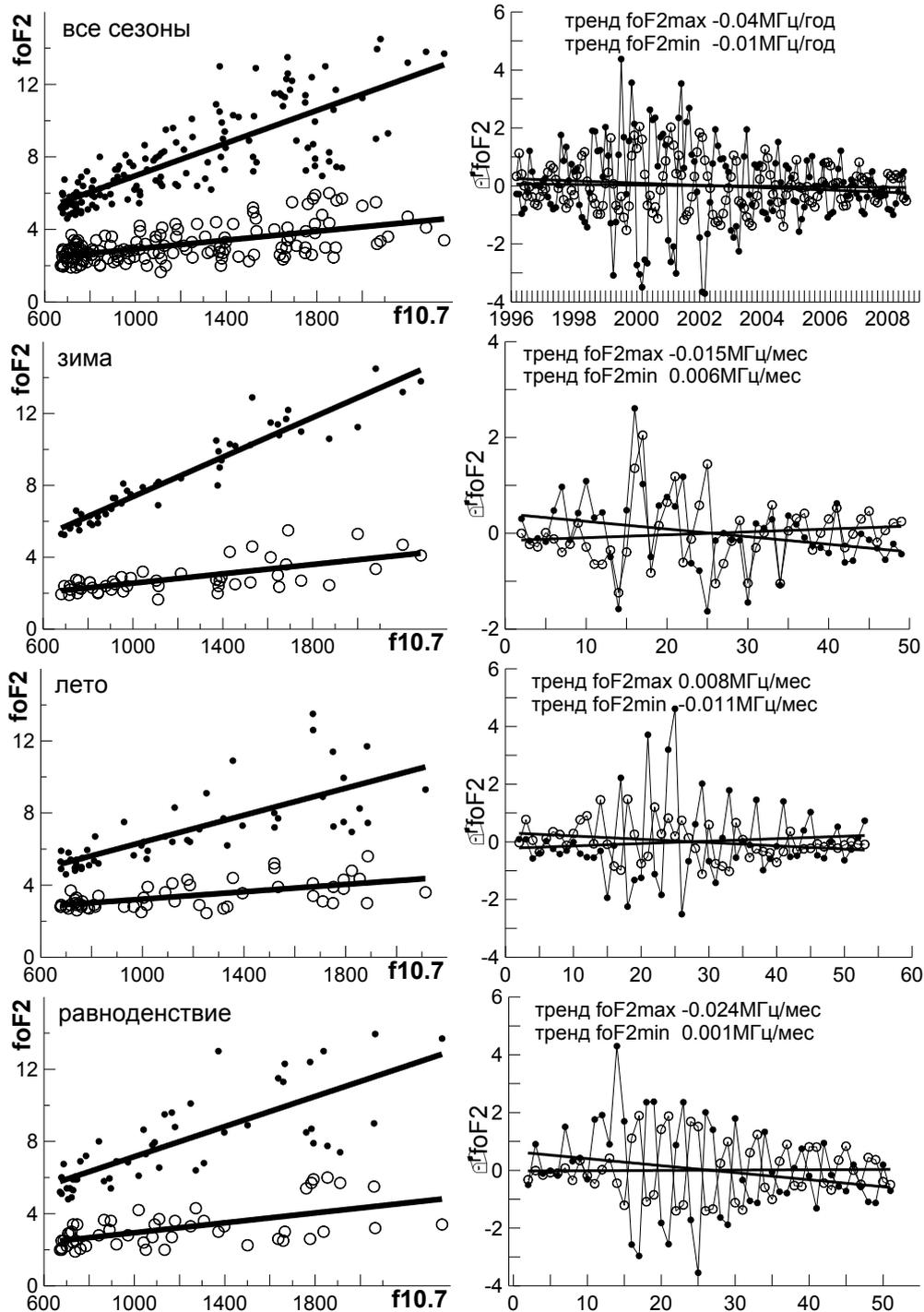


Рис.2. Зависимость максимальных и минимальных суточных медианных значений  $foF2$  от  $f_{10.7}$  и временной ход их отклонений от аппроксимирующей прямой зависимости  $foF2$  от  $f_{10.7}$  с вычисленным трендом для всего периода и по сезонам.

Для исключения влияния геомагнитной активности в вариациях критических частот слоя  $F2$  рассчитывались месячные медианы для всех часовых измерений. Используя эти медианы, были получены ряды максимальных и минимальных значений  $foF2$  для каждого дня месяца для рассматриваемого периода.

Нами выявлена зависимость безразмерной величины отношения максимального и минимального значений суточного медианного хода критической частоты слоя  $F2$  ( $\Delta foF2 = foF2_{max}/foF2_{min}$ ) от уровня солнечной активности в 23 солнечном цикле. Мы рассматривали зависимость от солнечной активности отношений величины  $foF2$  для двух моментов времени по двум причинам. Во-первых, известно, что некоторые факторы, которые могут влиять на абсолютные величины (систематическая ошибка в измерении и обработке, наличие какого-то внешнего возмущения), могут значительно уменьшиться при анализе относительных величин. Во-вторых, в разные моменты местного времени величина  $foF2$  в контролируется различными физическим процессами (ионизация солнечным ультрафиолетовым излучением, вертикальный дрейф плазмы, потоки из плазмосферы и т.д.). На рис.1 приведены вариации  $\Delta foF2$  на фоне индекса солнечной активности  $f10.7$  и полученный тренд по этим данным составил  $-0,59$  в месяц.

Для оценки тренда максимальных и минимальных значений  $foF2$  суточного хода была проведена аналогичная процедура с разделением по сезонам (рис.2). Выяснено, что за 1996-2008 гг. в зимний период скорость возрастания максимальных значений составила  $0,006$  МГц/мес, а для минимальных - уменьшение составило  $0,015$  МГц/мес; летом:  $0,0084$  МГц/мес и уменьшения  $0,011$  МГц/мес, соответственно; для периода равноденствия уменьшения  $0,024$  МГц/мес и скорость возрастания  $0,0011$  МГц/мес, соответственно. Причем надо заметить, что максимальные и минимальные значения в разные периоды ведут себя по-разному. Так что при анализе трендов ионосферных рядов необходимо учитывать не только сезон, но местное время наблюдений, избегая среднесуточных значений.

Проведенный анализ трендов  $foF2$ , для разных моментов времени с учетом уровня солнечной активности показал, что эта зависимость противоположна для летнего и зимнего сезонов. Ионосферные наблюдения указывают на более сильные тренды параметров области  $F$ , чем предсказывается моделями. Таким образом, концепция охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы, сформулированная в 2008 г. группой западных ученых под руководством J. Lastovicka (Чехия), находит все новые подтверждения. В то же время, этот процесс идет в термосфере гораздо быстрее, чем предсказывается даже самыми совершенными современными моделями, что заставляет пересматривать сами механизмы охлаждения, которые считались хорошо известными.

*Благодарность.* Авторы благодарят операторов ионозонда обсерватории "Ключи" за своевременную и точную обработку ионограмм.

#### Список литературы

1. Lastovicka J., Akmaev R.A., Beig G. et al. Emerging pattern of global change in the upper atmosphere and ionosphere. // Ann. Geophysical. - 2008. - V.26. - №5. - P.1255-1268.
2. Данилов А.Д., Ванина-Дарт Л.Б. Параметры ионосферного слоя  $F2$  как источник информации о трендах динамики термосферы // Геомагнетизм и аэронавигация. - 2010. - Т.50. - №2. - С.1-14.
3. Danilov A.D. Critical frequencies  $foF2$  as an indicator of trends in thermospheric dynamics // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. - 2009. -V.71. - №13. - P.1430-1440.
4. Elias A.G. Possible Sources of Long-Term Variations in the Mid-Latitude Ionosphere // The Open Atmos. Sci. J. - 2011. - №5. - P.9-15.
5. J. Bremer Long-term trends in the ionospheric  $E$  and  $F1$  regions // Ann. Geophys. - 2008. - 26. - P.1189-1197.
6. Белинская А.Ю., Колесник С.А., Хомутов С.Ю. Создание банка данных вертикального зондирования ионосферы на Геофизической обсерватории "Ключи", позволяющие решать задачи программы "Космическая погода" // Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике, VI Сессия молодых ученых «Волновые процессы в проблеме космической погоды», Программа и тезисы докладов. Иркутск, 15-20 сентября 2003 г. Иркутск. - 2003. - С. 51.
7. <http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/>

**К вопросу о параметрах электроаппаратуры судовой телефонной связи**

**Бутенко Ю.В., Федюк Р.С., Даниленко В.В., Миронов К.К.**

*Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток*

[roman442012@gmail.com](mailto:roman442012@gmail.com)

Телефонная связь осуществляется при наличии телефонного тракта, который включает в себя: микрофон, телефон, линии связи, коммутационные устройства (телефонные станции), согласующие устройства.

Ухо человека воспринимает звуковые сигналы в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц. Однако эксперименты показывают, что с достаточным качеством человек воспринимает голос, если его спектр ограничен частотой 300 Гц ÷ 3,4кГц. Это типовое значение принято в виде стандарта Международного консультационного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ). В ряде аппаратуры связи стоят специальные частотные фильтры, жестко регламентирующие этот частотный спектр [1].

Ухо человека воспринимает звуковые сигналы в диапазоне амплитуд  $10^{-5}$ ÷ $10^2$  Па, что составляет 70дБ. Этот диапазон, в котором расположены амплитуды звукового сигнала, называют динамическим диапазоном.

В голосе человека присутствуют амплитудные составляющие, амплитуда которых превышает амплитуду среднего уровня сигнала в  $10$ ÷ $20$  раз по мощности.

Эксперимент показывает, что эти пики голосового сигнала могут быть при помощи ограничителей амплитуд обрезаны, отфильтрованы, при этом качество голосовых сигналов не изменяется. Этот метод используется во всех телефонных системах, использующих уплотнение телефонного сигнала (передача по одному проводу нескольких телефонных разговоров), а также во всех радиотелефонных каналах.

Ощущение звука человеком зависит от его интенсивности  $J$  [Вт/м<sup>2</sup>], которая определяется как количество звуковой энергии в единицу времени, проходящей через единичную площадку перпендикулярную вектору скорости звуковой волны. Восприятие звука человеком подчиняется закону Вебера-Фехнера. Закон Вебера-Фехнера – эмпирический психофизиологический закон, заключающийся в том, что интенсивность ощущения пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. В ряде экспериментов, начиная с 1834 года, Э. Вебер показал, что новый раздражитель, чтобы отличаться по ощущениям от предыдущего, должен отличаться от исходного на величину, пропорциональную исходному раздражителю. Так, чтобы два предмета воспринимались как различные по весу, их вес должен различаться на 1/30, а не на  $x$  грамм. Для различения двух источников света по яркости необходимо, чтобы их яркость отличалась на 1/100, а не на  $x$  люмен и т. д.

На основе этих наблюдений Г. Фехнер в 1860 году сформулировал «основной психофизический закон», по которому сила ощущения  $P$  пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя  $S$ :

$$p = k \ln \frac{S}{S_0}$$

где  $S$  — значение интенсивности раздражителя.  $S_0$  — нижнее граничное значение интенсивности раздражителя: если  $S < S_0$ , раздражитель совсем не ощущается.  $k$  — константа, зависящая от субъекта ощущения.

Так, люстра, в которой 8 лампочек, кажется нам настолько же ярче люстры из 4-х лампочек, насколько люстра из 4-х лампочек ярче люстры из 2-х лампочек. То есть количество лампочек должно увеличиваться в одинаковое число раз, чтобы нам казалось, что прирост яркости постоянен. И наоборот, если абсолютный прирост яркости (разница в яркости «после» и «до») постоянен, то нам будет казаться, что абсолютный прирост уменьшается по мере роста самого значения яркости. Например, если добавить одну лампочку к люстре из двух лампочек, то кажущийся прирост в яркости будет значительным. Если же добавить одну лампочку к люстре из 12 лампочек, то мы практически не заметим прироста яркости.

Можно сказать и так: отношение минимального приращения силы раздражителя, впервые вызывающего новые ощущения, к исходной величине раздражителя есть величина постоянная [2].

Закон Вебера — Фехнера можно объяснить тем, что константы скорости химических реакций, проходящих при рецептировании, нелинейно зависят от концентрации химических посредников физических раздражителей или собственно химических раздражителей. В XX веке

Стивенсом была доказана ограниченность закона Вебера-Фехнера, справедливого лишь для средних значений ощущения некоторых модальностей. В целом же зависимость носит характер общей степенной функции с различными показателями степени для каждого рода условий.

Кроме того человек обладает свойством маскирования звука, то есть при одновременном воздействии громкого и тихого звуков, громкий давит тихий.

При аттестации телефонных каналов и оценки их качества используются следующие методы [3]:

Метод мнений, то есть выбираются эксперты, которые выставляют оценку по 5-ти бальной шкале, 5 баллов – слышно всё хорошо, 1 балл – разговор возможен, но с большим напряжением слуха.

Метод артикуляции, в микрофон произносятся не имеющие смысла слоги, которые на другом конце телефонной линии прослушиваются и записываются. Если правильность более 70% - нормально.

Метод экспериментального затухания, основан на сравнении на слух испытуемого и эталонного тракта. При этом в эталонный тракт вводится затухание путём подключения «удлинителя». Типовые значения при этом: затухание по громкости менее 40 дБ; по разборчивости менее 49 дБ.

Для линии связи допустимое затухание сигнала по требованиям МККТТ составляет <28,7 дБ. Измерение затухания производят при помощи звукового генератора, имеющего симметричный, относительно земли выход или трансформатор.

Кроме того, если имеется несколько телефонных линий, то производится измерение переходного затухания между этими сигналами, которое должно быть >69,5 дБ.

#### Список литературы

1. Самодлов Т.Т. Электрооборудование и радиосвязь речных судов. – М.: Транспорт, 1988. – 303 с.
2. Миронов В.В. Электрооборудование судов: конспект лекций. –Херсон: Херсонский морской институт, 752 с
3. Фесенко В.И. Электрооборудование промысловых судов. - Л.: Судостроение, 1983, 334 с.

621.928.9

#### Анализ работы газоочистки и определение дисперсного состава уноса в зависимости от режима работы печи в производстве керамзита

*Е.Г. Зыков, В.А. Полюшко\*, А.С. Разва\*\*, М.В. Василевский\*\**

*ООО «Томсказоочистка»*

*\*Томский государственный университет*

*\*\* Томский политехнический университет*

*E-mail: vasmix40@mail.ru*

Представлены результаты обследования аспираций вращающихся печей дегидратации глины, и печей производства керамзита. Отмечено 4 режима работы, которые определяют аэродинамическую обстановку и характер сепарационных процессов. Проведен анализ причин неудовлетворительной работы пылеулавливающей аппаратуры.

При обследовании линий аспираций вращающихся печей ООО «ЗКПД ТДСК» (г.Томск), проводился отбор проб уноса печи дегидратации глины, вращающейся печи для производства керамзита, определялся фракционный состав уноса; проводились работы по повышению эффективности пылеулавливания существующих систем, представленных двумя параллельными линиями последовательно расположенных пылеуловителей: групповой циклон ЦН-15 и батарейный циклон.

На ООО «ЗКПД ТДСК» установлены вращающаяся печь дегидратации глины (D=2,8 м, длина 14 м) и вращающаяся печь для производства керамзита (D=2,5 м, длина 40 м), аэродинамически связанные друг с другом. В качестве горячего агента для нагрева гранул глины и получения керамзита используются дымовые газы, образующиеся при сжигании природного газа. Расход природного газа составляет 8 млн. м<sup>3</sup>/год, расход глины составляет 98550 т/год (11,3 т/ч), влагосодержание глины - 20-23% масс. производительность по керамзиту составляет 80 000 м<sup>3</sup>/год.

Аспирация печей обеспечивается тягодутьевыми машинами. В качестве тягодутьевых машин используются дымосос Д-15,5 750 об/мин (2 шт.).

Системы аспираций представляют собой две параллельные линии последовательно расположенных пылеуловителей: групповой циклон ЦН-15,  $D=1000$  мм (8 шт.) и батарейный циклон.

Наибольшая запыленность аспирационного воздуха наблюдается при проведении формовки гранул керамзита, поэтому все работы по отбору проб проводились во время проведения данной операции.

Отбор проб уноса пыли осуществлялся из горячих дымовых газов работающей печи, очистка которых осуществлялась в последовательно расположенных пылеуловителях: групповой циклон ЦН-15 и батарейный циклон. Схема отбора проб пыли показана на рис. 1.

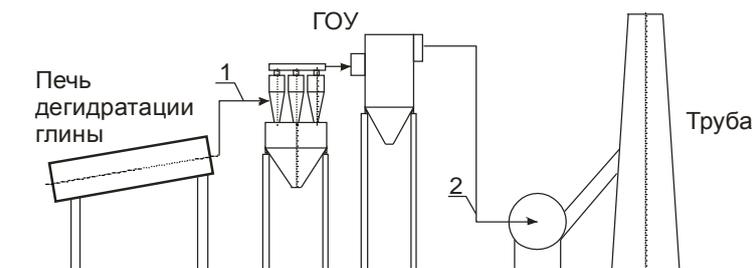


Рис. 1. Схема отбора проб пыли (1, 2 – точки отбора проб пыли входа и выхода из существующих ГОУ)

Для определения фракционного состава золы-уноса был проведен отбор проб запыленных газов способом внешней фильтрации, позволяющим определять дисперсный состав пыли: запыленные газы отбираются через штуцер пробоотборника диаметром 20 мм, с размерами входного отверстия 20x10 мм, поступают в пробоотборный циклонный аппарат (ПЦА) типа СК-ЦН-34 диаметром 90 мм, где пыль улавливается и накапливается в пылеприемном бункере [1]. Характеристика ПЦА:  $\delta_{50} = 0,75$  мкм,  $\lg \sigma_{\eta} = 0,308$ , где  $\delta_{50}$  - размер частиц пыли, улавливаемой на 50%, мкм;  $\lg \sigma_{\eta}$  - острота улавливания пыли. Неподлежащие улавлианию центробежными силами частицы поступают в рукавный фильтр. Давление/разрежение в газоходах замерялось трубкой Пито-Прандтля, величина определялась по цифровому диф. манометру Testo-512, температура газов определялась с помощью термометра электронного ТМ 902С (номер DF 5292531), масса уловленных частиц, рукавных фильтров измерялась с помощью весов электронных AND HL-400 (номер H509002074). Отбор проб производился через существующие технологические лючки на входе и выходе из пылеуловителей линии аспирации. Величину эффективности пылеулавливания определяли методом баланса масс по формуле:

$$\eta = \frac{M_{ЦА}}{M_{ЦА} + M_{Ф}} \cdot 100,$$

где  $M_{ЦА}$  - масса пыли, уловленная ПЦА, г;  $M_{Ф}$  - масса пыли, уловленная рукавным фильтром, г. Определение фракционной концентрации частиц на входе в ГОУ и на выходе проводилось в соответствии с методом, представленным в [1].

Режимы работы определялись степенью задействования дымососов, частотой тока, числом оборотов барабана, степенью сырватости формовки и процентным соотношением добавленной черной пыли в формовку. Режимы влияют на изменения дисперсного состава пыли, концентрации пыли в газе, скоростные характеристики потоков. В таблице 1 приведены результаты оценки эффективности работы установки.

Определение фракционного состава частиц проводилось методом лазерной дифракции в водном растворе с использованием анализатора размера частиц (АРЧ) «Mastersizer 2000». В качестве размера частицы применялся объемный диаметр – это диаметр сферы, равный объему частицы. Выборочные результаты измерений фракционного состава уловленной пыли приведены в таблице 2. В столбце 2 таблицы 2 показана весовая доля неулавливаемой в инерционных аппаратах пыли, в процентах от суммарного веса всей остальной пыли.

Таблица 1. Сводная таблица полученных результатов эффективности

№ опыта	Расход газа, м <sup>3</sup> /час	Массовая концентрация, г/м <sup>3</sup>	Эффективность ПЩА, %	Эффективность ГОУ, %	Комментарии
<b>Режим №1</b>					
1	38 965	4,16	97,76		Правая нитка, вход в ГОУ
2	36 404	2,48	97,53	100(4,16-2,48)/4,1=40	Правая нитка, выход из ГОУ
3	39 767	3,0	95,8		Левая нитка, вход в ГОУ
4	30 171	0,57	89,74	100(3-0,57)/3=81	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №2</b>					
5	38 564	1,95	98,04		Правая нитка, вход в ГОУ
6	41 823	2,87	98,59	----	Правая нитка, выход из ГОУ
7	29 726	3,35	98,65		Левая нитка, вход в ГОУ
8	31 025	0,5	87,64	100(3,35-0,5)/3,35=85	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №3</b>					
9	44 233	1,64	98,31		Левая нитка, вход в ГОУ, формовка
10	34 849	2,48	98,36		Левая нитка, вход в ГОУ, формовки нет
11	34 436	2,83	98,15		Правая нитка, вход в ГОУ
12	40 070	0,76	90,58	100(2,83-0,76)/2,8=73	Правая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №4</b>					
13	37 701	6,028	97,13		Правая нитка, вход в ГОУ
14	31 995	0,86	90,68	100(6,028-0,86)/6,028 =85,7	Правая нитка, выход из ГОУ
15	27 129	3,082	95,8		Левая нитка, вход в ГОУ
16	32 009	0,57	88,46	100(3,082-0,57)/3,082 =81,5	Левая нитка, выход из ГОУ

Таблица 2. Характеристика фракционного состава пыли

Расчетные параметры	Унос Менее 0,5	Размер частиц, мкм						Комментарии
		0,5-10	10-20	20-30	30-60	60-90	Более 90	
1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Режим №1</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{iBX}$ , %, до ГОУ (опыт №3)	4,2	53	24	11	10	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ

Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №4)	10,26	75	20	3	0,66	0,66	0,66	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №2</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВХ}}$ , %, до ГОУ (опыт №7)	1,35	56	23	11	8	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №8)	12,36	75	20	3	0,66	0,66	0,66	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №3</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВХ}}$ , %, до ГОУ (опыт №9)	1,69	44	30	14	10	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ, формовка
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №10)	1,64	40	28	16	14	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ, формовки нет
<b>Режим №4</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВХ}}$ , %, до ГОУ (опыт №15)	4,2	47	25	13	13	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №16)	11,54	76	19	3	0,66	0,66	0,66	Левая нитка, выход из ГОУ

В результате выяснено, что существенными факторами являются коагуляционные процессы. Разработано техническое решение по усовершенствованию систем обеспыливания газов  
*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №11-08-00059).*

#### Список литературы

1. Василевский М.В., Зыков Е.Г., Полюшко В.А., Романдин В.И., Разва А.С.. Расчет дисперсного состава пыли в потоке газа по эффективности пробоотборного циклона //Материалы восемнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2012. С. 170–173.

621.928.9

#### Определение напряжения трения поршня дисперсного материала разного грансостава в трубопроводе

*М.В. Василевский, В.И. Романдин\*, А.С. Разва*

*Томский политехнический университет \*Томский государственный университет*

*E-mail: [vasmix40@mail.ru](mailto:vasmix40@mail.ru)*

Проведены оценки напряжений трения поршня дисперсного материала в трубопроводе при механическом воздействии плунжера. Материал уплотняется с образованием свода и сдвигается как целое. Определены диапазоны коэффициентов бокового давления и кулоновского трения. Полученные значения бокового давления выше, чем дает расчет по известным формулам. Значения коэффициентов зависят от длины поршня, усилий на плунжере.

Необходимость перемещения материалов на значительные расстояния по трассам сложной пространственной геометрии, транспортирование с высокой производительностью при малой скорости движения дисперсной среды привело к разработке систем с импульсным перемещением материала в виде поршней [1]. Пневмотранспорт сыпучих материалов с концентрацией, близкой к насыпной, является наиболее экономичным по сравнению с другими режимами транспортирования. При больших весовых концентрациях наиболее полно используется энергия несущей среды, нет необходимости в обеспечении скорости взвешивания частиц в начале трубопровода, уменьшается скорость материала на выходе из магистрали, улучшается возможность пылеотделения. Однако дальность транспорта сплошным потоком при любом перепаде ограничивается 20 м [2]. С увеличением дальности поток становится неустойчивым: наблюдается хаотичное образование поршней сыпучего материала с последующей неравномерностью их движения относительно друг друга, их объединением, разрушением, а некоторых случаях закупоркой трубопровода. В [3] проведен анализ механизмов образования разрывов, неустойчивости в структурах перемещаемых слоев материала. Для реализации транспорта повышенной дальности необходимо выполнение ряда трудно выполнимых мероприятий, одним из которых является использование ступенчатого расширяющегося трубопровода и уменьшение скорости движения по повороту. Делается вывод, что наиболее действенным при транспортировании на значительные расстояния является использование импульсного поршневого пневмотранспорта, в котором за счет использования малого перепада давления на порции сыпучей среды распределение давления близко к линейному и растягивающие усилия незначительны [3–6].

Основным препятствием движению поршней под воздействием газового потока является сила сопротивления трения материала о стенку трубопровода. Для оценки этой силы водится гидродинамический коэффициент трения материала о стенку, зависящий от крупности частиц, плотности частиц, насыпной массы, шероховатости стенки трубы, отношения длины поршня к диаметру трубы, концентрации частиц в потоке [1, 2, 6]. Этот коэффициент определяется экспериментально на основании модельных запусков и измерений параметров потоков в экспериментальных установках и промышленных системах. В работах [4–5] определялись коэффициенты кулоновского трения различных материалов о стенку трубы в момент срагивания поршня. Выяснено, что при возникновении перепада давления происходит уплотнение слоя тонкодисперсного материала, в материале возникают необратимые деформации в тыльной части поршня. На сдвиговые характеристики, кроме скорости нарастания давления, влияют отношение длины поршня к диаметру трубопровода, уплотнение материала (плотность укладки). Кроме того, существенное влияние оказывает давление материала на стенку за счет силы тяжести, зависящей от диаметра трубы. В [7] показано, что при перемещении поршня под воздействием на частицы фильтрующегося через поршень потока напряжения трения на стенке намного меньше, чем при перемещении поршня механическим плунжером.

С помощью устройства на рис. 1 были проведены исследования напряжения трения сыпучего о стенку при перемещении поршня плунжером. Целью исследования являлось оценка коэффициента трения при горизонтальном и вертикальном расположении трубопровода. Для предотвращения защемления частиц между телом плунжера и стенкой трубы была установлена эластичная вставка, которая создавала начальное сопротивление сдвигу.

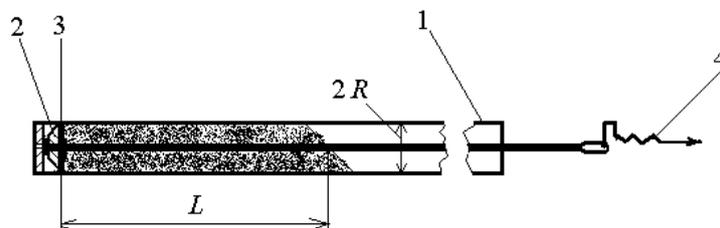


Рис. 1 Устройство для определения напряжения трения на стенке поршня сыпучего:

1–трубка  $2R=21$ мм; 2–тело плунжера; 3–эластичная вставка; 4– динамометр.

Использовались обеспыленные хорошо сыпучие материалы: порошок нержавеющей стали полученный диспергацией расплава, окатанный песок, песок обычный (речной), гранулированный полипропилен, крупа перловая шлифованная. Характеристики материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики материалов

Наименование	Параметры			Примеч.
	Угол ест. откоса $\alpha^\circ$	Нас. плотность $\rho_n$ г/см <sup>3</sup>	Размер мм	
1. Нерж. сталь	22	4,71	0,1–1	сфероидные
2. Песок окатанный	33	1,78	0,1–1	сфероидные
3. Песок обычный	34	1,57	0,1–1	угловатые
4. Гранулы полипроп.	27	0,55	3–4	Цилиндры $\Phi 4, H 3$
5. Крупа перловая	32	0,82	3–6	Эллипсоиды

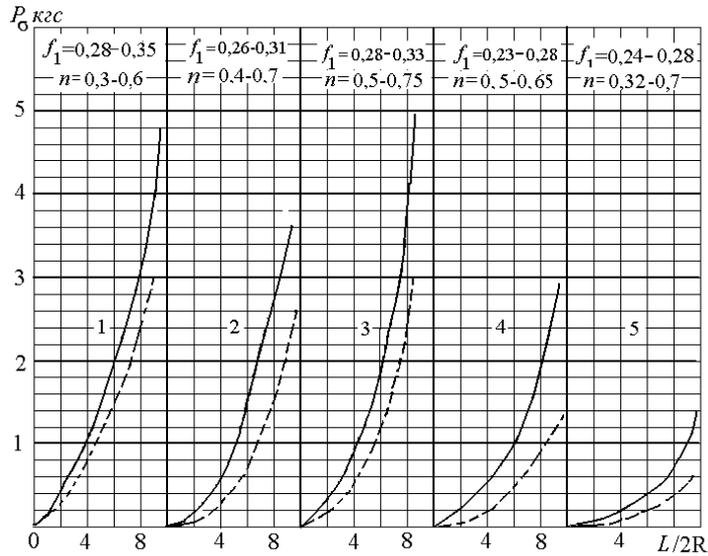


Рис. 2. Зависимость усилия плунжера за вычетом сопротивления эластичной вставки от относительной длины поршня дисперсного материала для вертикального (сплошные кривые) и горизонтального трубопровода (пунктирная кривая). Номера кривых соответствуют номерам материалов в таблице 1.

На рис. 2 приведены значения усилий на динамометре в зависимости от относительной длины поршня при вертикальном и горизонтальном расположении трубопровода.  $P_\sigma = P_d - P_\varepsilon$ , где  $P_d$  — сила сопротивления, фиксируемая в опыте динамометром,  $P_\varepsilon$  — сила сопротивления эластичной вставки с материалом высотой 1 см ( $L/2R=0,05$ ) в вертикальном трубопроводе. Воспроизводимость результатов составляла 78%.

В обобщенном законе трения [8] учитываются как внешняя нагрузка, так и адгезионное взаимодействие. Под действием нагрузки происходит сплющивание частиц и рост адгезионного взаимодействия. Для крупных частиц адгезионное взаимодействие проявляется в меньшей степени, чем для мелких. Однако с ростом давления между контактирующими телами возможно сводообразование (трубообразование), что определяет особенность напряжений трения и коэффициента трения [9, 10].

На рис.3 представлена схема сил, действующих на элемент слоя сыпучего в горизонтальном трубопроводе.

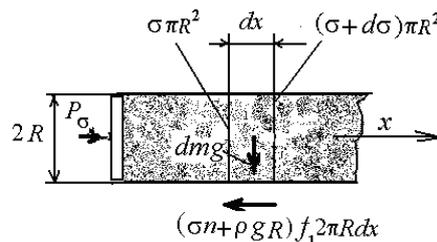


Рис. 3. Схема сил на элементе слоя при воздействии плунжера.

Уравнение равновесия элемента под воздействие сил имеет вид

$$-d\sigma - (\sigma n + \rho g R) \frac{2f_1}{R} dx = 0, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – среднее по сечению осевое напряжение,  $\rho$  – плотность слоя в элементе,  $n$  – коэффициент бокового давления,  $R$  – радиус трубопровода,  $f_1$  – коэффициент внешнего трения. Интегрируя уравнение (1) в пределах  $\sigma=0$  и  $x=L$ , в предположении постоянства  $f_1$  и  $n$ , получим следующие выражение распределения осевых напряжений в горизонтальном трубопроводе

$$\sigma_r = \frac{\rho g R}{n} \left[ \exp \frac{2f_1 n (L-x)}{R} - 1 \right]. \quad (2)$$

Для вертикального трубопровода решение для распределения осевых напряжений известно [11]

$$\sigma_b = \frac{\rho g R}{2nf_1} \left[ \exp \frac{2f_1 n (L-x)}{R} - 1 \right] \quad (3)$$

При  $f_1 \rightarrow 0$   $\sigma_r \rightarrow 0$ ,  $\sigma_b \rightarrow \rho g (L-x)$ . Вводя средние значения напряжений по длине поршня

$$\bar{\sigma}_r = \frac{1}{L} \int_0^L \sigma_r dx, \text{ получим } \bar{\sigma}_r = \frac{\rho g R}{n} \left\{ \left[ \frac{R}{2f_1 n L} \exp \left( \frac{2f_1 n L}{R} \right) - 1 \right] - 1 \right\},$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\rho g R}{2f_1 n} \left\{ \left[ \frac{R}{2f_1 n L} \exp \left( \frac{2f_1 n L}{R} \right) - 1 \right] - 1 \right\}. \quad (4)$$

Средние значений напряжений трения определяются по соотношениям

$$\bar{\tau}_r = nf_1 \frac{R}{2L} \bar{\sigma}_r, \bar{\tau}_b = nf_1 \frac{R}{2L} \bar{\sigma}_b$$

Учитывая соотношения (4), получим

$$\bar{\tau}_r / \bar{\tau}_b = 2f_1 = P_{\sigma r} / P_{\sigma b}. \quad (5)$$

Соотношение (5) позволяет, используя кривые рис.2, провести оценку коэффициента трения, а соотношения (2)–(4) – оценку значений коэффициента  $n$ .

Значения величины  $nf_1$  найдется из выражения (3) при  $x \rightarrow 0$ , значения величин  $n$ ,  $f_1$  приведены на рис. 2. Приведенные значения величин  $n$  превышает расчетные [11] значения в 1,5–2 раза.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №11–08–00059).*

#### Список литературы

1. Шваб В.А. Аэромеханические методы в технологии производства порошковой продукции. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984. – 161 с.
2. Вельшоф Г. Пневматический транспорт при высокой концентрации частиц перемещаемого материала. Пер. с нем. – М.: Колос.–1964, 160 с.
3. Севастьянов А.Т. Появление и пути ликвидации поршнеобразования при пневмотранспорте плотным слоем. // Вопросы прикладной аэрогидромеханики и тепломассообмена – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1983, с. 69–74.
4. Воронин В. Н. Исследование стабильности дисперсных потоков поршневой структуры применительно к работе пневмотранспортных установок: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / В. Н. Воронин; Томский государственный университет. –Томск : Изд-во ТГУ, 1996. –19 с.
5. Воронин В.Н., Егоров В.М., Экспериментальное исследование особенностей трения тонкодисперсных сыпучих материалов // Вопросы аэрогидромеханики и тепломассообмена. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1983. С. 85–91.
6. Klinzing G.E., Risk F., Marcus R., Leung L.S. Pneumatic Conveying of Solid– Springer, 2010.
7. Василевский М.В., Романдин В.И., Зыков Е.Г. Оценки состояния дисперсной среды с несвязными частицами в установке поршневого пневмотранспорта //Материалы восемнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2012. С. 154–158.

8. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. – М.: Химия, 1976. – 432 с.
9. Дженике Э.В. Складирование и выпуск сыпучих материалов. Пер. с англ./ под ред. М.И. Агашкова –М.: «Мир», – 1968, 162 с.
10. Островский, Г. М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности / Г. М. Островский. –Л. : Химия, 1984. 104 с.
11. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. –М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.

**Региональная группировка температурных данных, полученных на метеостанциях Евразии**  
**Волков Ю.В. \*, Тартаковский В.А. \*\***

*\*Томский политехнический университет, г. Томск*

*\*\* Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск*

[yvvolkov@tpu.ru](mailto:yvvolkov@tpu.ru), [trtk@list.ru](mailto:trtk@list.ru)

Основным источником энергии, обуславливающим природно-климатические процессы на Земле, является Солнце. Энергия поступает в виде солнечной радиации несущей свет и тепло, в разных диапазонах длин волн. Прямое и рассеянное излучение поглощается поверхностью Земли, которая нагревается и сама становится источником тепла. С учетом географической широты, самое большое количество тепла получают нижние слои атмосферы, непосредственно прилегающие к земной поверхности; они и нагреваются до наиболее высоких температур. Таким образом, земная радиация определяет температурный режим и соответствующие ему циркуляции в атмосфере. Температура является первичным фактором формирования погоды и климата.

В данной работе проведено исследование рядов среднемесячной температуры, полученных за 55 лет на 333 метеостанциях, расположенных на территории Евразии. Цель исследования состоит в определении региональных особенностей изменений температуры.

Среднемесячные изменения температуры за исследуемый период, формируют колебательный процесс с квазипериодом в один год. Для характеристики погоды представляют интерес температурные изменения, отклоняющиеся от годового цикла. Однако их непротиворечивое выделение затруднено.

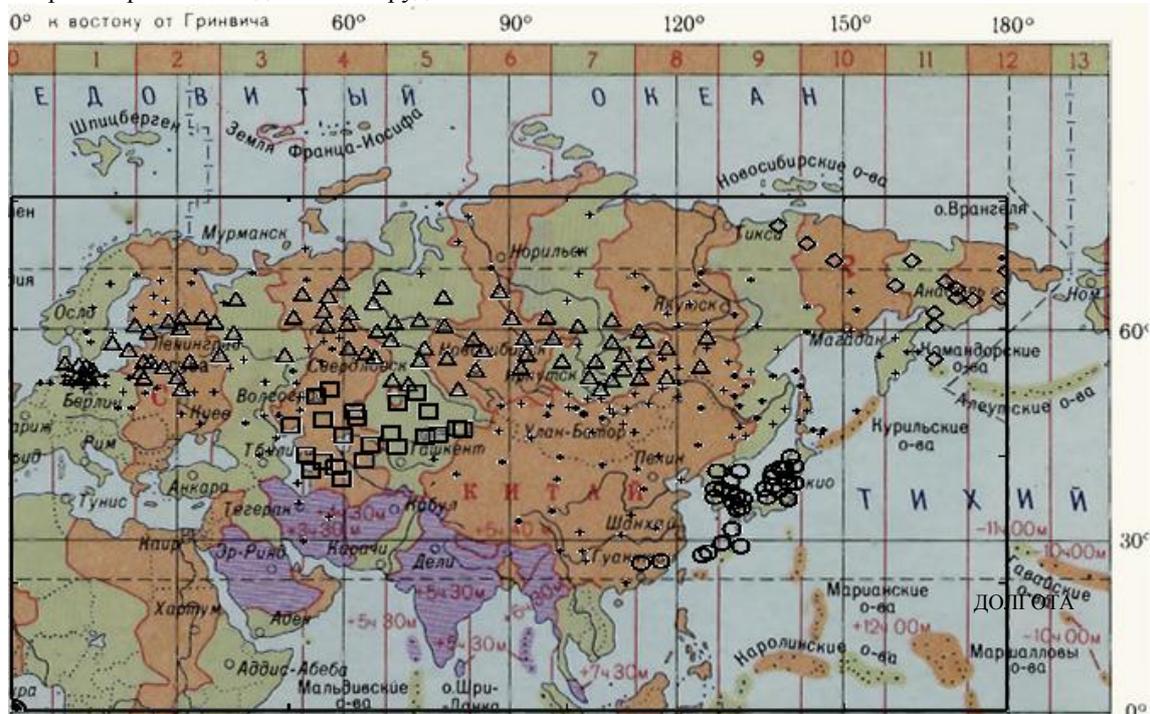


Рисунок 1. Карта расположения групп станций:

«геометрические фигуры» - группы станций, имеющих высокую взаимную корреляцию, «крест» - станций не вошедшие в группы.

Как оказалось, частотный спектр температурного колебательного процесса является узкополосным и для большинства метеостанций имеет одну моду, что позволило использовать условия причинности и ввести фазу колебания, применяя теорию аналитического сигнала [1-3]. Годовая составляющая фазы представляет собой линейную функцию, она удалялась из фазы методом наименьших квадратов на интервале 55 лет. Оставшиеся флуктуации фазы позволяют непротиворечиво исследовать их согласованное поведение или синхронность, применяя в виде меры этой характеристики коэффициент корреляции по Пирсону.

Был разработан новый алгоритм, по которому вначале вычислялся попарный коэффициент корреляции для всех сочетаний температурных рядов. Для каждого ряда формировалась группа из тех температурных рядов, которые имели с формирующим группу рядом коэффициенты корреляции выше заданного уровня. Затем для каждой группы рядов вычислялась среднеарифметическая оценка типовой фазы первого уровня. Эти процедуры включались в итерационный процесс, в котором входными данными были типовые фазы предыдущего уровня, а выходными – типовые фазы следующего уровня для каждого температурного ряда и, соответственно, для каждой метеостанции.

Обнаружено, что обозначенный итерационный процесс был сходящимся для используемых температурных рядов. В результате сформировались несколько групп станций, и для каждой группы была вычислена типовая фаза – модель фазовых флуктуаций для данной группы. При этом ряды в каждой группе имели высокую корреляцию с типовой фазой своей группы и небольшую с типовыми фазами других групп.

Оказалось, что выделенные группы располагаются достаточно компактно по территории, что можно объяснить наличием определенных климатических зон. Характерно, что погодные изменения в среднемесечном варианте синхронны внутри этих зон.

#### Список литературы

1. Вакман Д.Е., Вайнштейн Л.А. Амплитуда, фазы частота - основные понятия теории колебаний // Успехи физических наук. 1977. 123. Вып.4. С.657.
2. Vakman D. On the analytic signal, the Teager-Kaiser energy algorithm, and other methods for defining amplitude and frequency // IEEE Trans. Signal processing. 1996. 44. № 4. P.791.
3. Cohen L. Loughlin P. Vakman D. On an ambiguity in the definition of the amplitude and phase of a signal // Signal Processing. 1999. 79. P.301.

#### Интенсификация процессов биологического окисления углеводов, загрязняющих почвы западно-сибирского региона Бочкарева Ю.В., Галанова С.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[zlidn@yandex.ru](mailto:zlidn@yandex.ru)

В статье представлены результаты исследования возможности ускорения процессов биодegradации нефтепродуктов в почвах Западно-Сибирского региона путем внесения подкормок, стимулирующих естественную микрофлору, увеличивающих численность и активность бактерий-деструкторов нефти. При моделировании экспериментов фактический уровень нефтяного загрязнения почвы составил 8,42 % и 5,7 % (определение исходного загрязнения осуществлялось в опытной емкости на аппарате Сокслета). Эксперименты проводились в соответствии с официальными российскими методиками для определения суммарного содержания нефтепродуктов в почве, донных осадках и бытовых отходах [1, 2, 3].

Первый эксперимент проводился с контрольной (чистая почва) и опытной (загрязненная нефтью на 10 %) емкостью в течение 60 суток. Осуществлялся ИК-спектрометрический анализ исходного загрязнения в опытной емкости в начале эксперимента (расчет спектральных коэффициентов), хроматографический анализ, посев проб почвы на МПА (мясо-пептонный агар) в чашки Петри на протяжении всего эксперимента, определение динамики численности микроорганизмов в чистой и загрязненной почве на протяжении всего эксперимента, определение изменения каталазной, дегидрогеназной активности в чистой и загрязненной почве, определение загрязнения на аппарате Сокслета после 60 суток биодegradации в опытной емкости.

Затем проводился ИК-спектрометрический анализ, хроматографический анализ после биодеструкции в опытной емкости.

Второй эксперимент длился в течение 30 суток (три емкости: контрольная (чистая почва), опытная первая (загрязненная нефтью на 5 % без внесения подкормки), опытная вторая (загрязненная нефтью на 5 % с подкормкой)). Осуществлялось определение исходного загрязнения в опытных емкостях на аппарате Сокслета, ИК-спектрометрический, хроматографический анализ исходного загрязнения в опытных емкостях в начале эксперимента, посев проб почвы на МПА, КАА (крахмало-аммиачный агар), среду Чапека в чашки Петри на протяжении всего эксперимента, внесение стимулирующего питательного раствора на 4 сутки эксперимента во вторую опытную емкость, определение динамики численности микроорганизмов в чистой и загрязненной почве (без внесения подкормки и с внесением подкормки) на протяжении всего эксперимента, определение изменения каталазной, дегидрогеназной активности в чистой и загрязненной почве на протяжении всего эксперимента, определение загрязнения на аппарате Сокслета после 30 суток биодеструкции в первой и второй опытной емкости, ИК-спектрометрический, хроматографический анализ после биодеструкции в первой и второй опытной емкости.

Для поддержания роста и развития микроорганизмов при проведении второго эксперимента на 4-е сутки эксперимента только во вторые опытные образцы внесли 10 мл стимулирующей минеральной подкормки: 5 % раствор композиции ПАВ, содержащей азотистые компоненты в концентрации 4,3 %, фосфаты ( $K_2HPO_4$ ) – 0,2 %, соли магния ( $MgSO_4$ ) – 0,1 % и 1 мл/л раствора микроэлементов по Хогланду[4].

Таблица 1. Динамика численности микроорганизмов в почве, загрязненной нефтью на 8,42 %

Сутки	Численность микроорганизмов, тыс.клет/г	
	чистая почва (контроль)	загрязненная почва (опыт)
1	2,1	2,3
7	16,3	23,7
9	20,4	64,0
11	440	408
14	2000	5120
17	4000	7000
25	2700	3900
45	81	121
52	4,5	6,6
59	0,9	2,7

В процессе биодеструкции исследовали динамику численности микроорганизмов в образцах почвы. При загрязнении почвы 8,42 % максимальное увеличение численности в опытных емкостях с нефтезагрязненной почвой от 0,023 до 7 млнклет/г отмечено на 11-е сутки культивирования. В контрольной емкости с чистой почвой максимальная численность микроорганизмов не превышала 4 млнклет/г. Увеличение численности нефтезагрязненной почвы объясняется ростом углеводородокисляющей группы микроорганизмов, утилизирующей нефть в качестве источника энергии и питания.

При загрязнении почвы в концентрации 5,7 % максимальная численность микроорганизмов с внесением подкормки на 15-е сутки культивирования составила – 54400 млнклет/г, в опытной емкости без подкормки – 2500 млн клет/г, в контрольной емкости с чистой почвой – 1600 млн клет/г. При загрязнении почвы в концентрации до 5,7 % нефть не угнетает жизнедеятельность микрофлоры, численность которой увеличивается за счет углеводородокисляющих микроорганизмов.

Ферментативная каталазная и дегидрогеназная активность при увеличении численности микроорганизмов возрастает, что положительно влияет на глубину процессов биодеструкции[5, 6]. При увеличении каталазной активности в 3 раза, а дегидрогеназной в 2,5 раза уровень загрязнения почвы нефтью снижается на 55 % в первом эксперименте. Во втором эксперименте он снижается на 44,4 % при увеличении каталазной и дегидрогеназной активности в 8 раз.

Изменения, полученные в результате ИК-спектрометрического и хроматографического анализов, свидетельствуют об ускорении деструктивных процессов при накоплении численности микроорганизмов и увеличении их ферментативной активности.

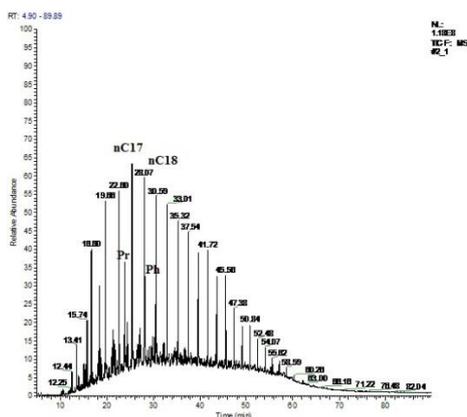


Рис. 1. Хроматограмма нефти, загрязняющей почву в концентрации 5,7% после 30 суток биодegradации почвенной микрофлорой без внесения подкормки.

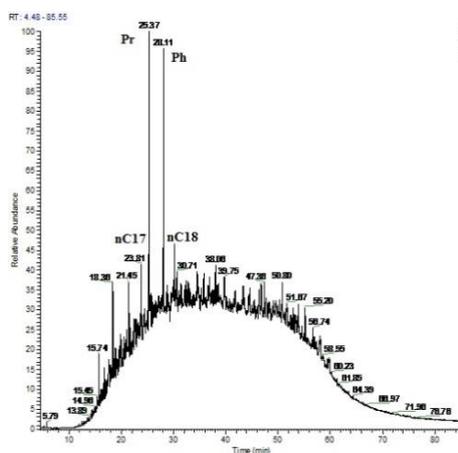


Рис. 2. Хроматограмма нефти, загрязняющей почву в концентрации 5,7% после 30 суток биодegradации стимулированной почвенной микрофлорой.

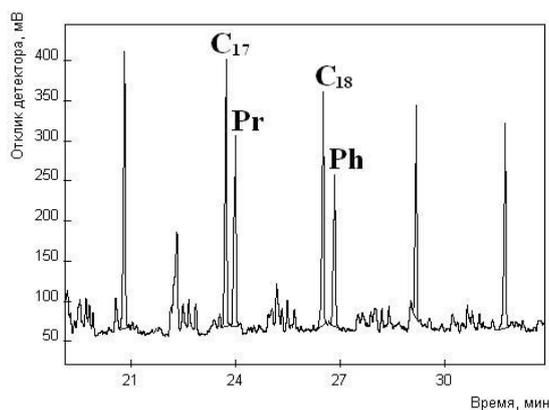


Рис. 3. Фрагмент хроматограммы нефти, загрязняющей почву в концентрации 8,42% после 30 суток биодegradации почвенной микрофлорой.

Таким образом, в условиях эксперимента внесение стимулирующих подкормок приводит к существенному росту бактериальной почвенной микрофлоры и увеличению ее ферментативной углеводородокисляющей активности по сравнению с контрольными образцами почвы без внесения подкормок. Кроме того, величины спектральных коэффициентов, рассчитанные по данным ИК-спектрометрического анализа биодegradированной нефти, показывают, что увеличение времени биодеструкции до 60 суток положительно влияет на протекание процессов окисления углеводородов нефти в почве.

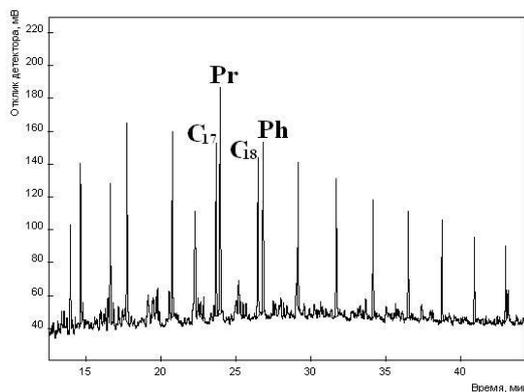


Рис. 3.5. Фрагмент хроматограммы нефти, загрязняющей почву в концентрации 8,42% после 60 суток биодegradации почвенной микрофлорой.

При загрязнении почвы нефтью в объеме 5-10 % для интенсификации процесса биологического окисления углеводородов в почве рекомендуется на 4-е сутки с момента загрязнения вносить стимулирующую минеральную подкормку следующего состава: 5 % раствор композиции ПАВ, содержащей азотистые компоненты в концентрации 4,3 %, фосфаты ( $K_2HPO_4$ ) – 0,2 %, соли магния ( $MgSO_4$ ) – 0,1 % и 1 мл/л раствора микроэлементов по Хогланду.

#### Список литературы

1. Другов Ю.С. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред: Практическое руководство. / Ю.С. Другов, И.Г. Зеневич, А.А.Родин. – 2-е изд., перераб. И допол. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 752 с.
2. Другов Ю.С., Родин А.А., Кашмет В.В. Пробоподготовка в экологическом анализе. – Издание второе дополненное и исправленное. М.: Изд-во Лаб-Пресс, 2005. – 756 с.
3. Другов Ю.С., Родин А.А. Мониторинг органических загрязнений природной среды. – СПб.: Наука, 2004. – 808 с.
4. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. – Л.: Наука, 1974. – 194 с.
5. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. М.: Изд-во МГУ, 1991. – 231с.
6. Щербак Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах). – Мн.: Наука и техника, 1983. – 222 с.

#### Защита нефтепроводов на подводных переходах

**Герасимов А.И.**

*Институт проблем нефти и газа СО РАН, Россия, г. Якутск*

[gerasimov2509@rambler.ru](mailto:gerasimov2509@rambler.ru)

Наибольшую потенциальную опасность в результате аварийных разливов нефти представляют нефтепроводы, пролегающие по дну рек из-за распространения нефтяного пятна течением рек, вдоль которых расположено большинство населенных пунктов. Например, нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО-1) проходит свыше 100 водных пересечений по территории республики Саха (Якутия), среди которых 19 рек имеют важное жизнеобеспечивающее значение для жителей республики [1]. На сегодняшний день основным средством локализации нефтяного разлива на водных акваториях являются боновые заграждения, направленные на ликвидацию и локализацию нефтяного пятна. В то же время под воздействием ветра и течения образуется нефтяная эмульсия, проникающая в толщу воды до глубины 5 – 15 м [2], которая будет образовываться даже под локализованным нефтяным пятном постоянно, и, уносимая течением реки, будет загрязнять уже не только поверхность, а огромный объем воды большинства рек России до дна на значительное расстояние. В связи с этим Институтом проблем нефти и газа СО РАН для борьбы с аварийным разливом нефти на подводных нефтепроводах разработан ряд способов [3 – 6], направленный на превентивную защиту водных ресурсов. Однако, все эти способы, предотвращающие проникновение аварийной нефти в воду, могут быть

легко повреждены во время весеннего ледохода, вплоть до повреждения самих нефтепроводов, пролегающих по дну рек. Весною 2013 г для предотвращения повреждения магистрального нефтепровода ВСТО-1 на подводном переходе через реку Лена, с целью быстрого разрушения ледяного покрова, распилили 2/3 толщины льда [7]. При попадании талых вод в места распилов при ночных отрицательных температурах воздуха распиленный лед снова становится монолитным, сведя на нет работу, направленную на разрушение целостности ледяного покрова. Для ослабления прочности ледяного покрова наиболее эффективным, на наш взгляд, является радиационный метод, основанный на усилении поглощающей способности льда при нанесении на поверхность льда зачерняющих материалов. Солнечная энергия растапливает лед в межкристаллических прослойках, превращая монолитный лед в «рыхлый» рассыпчатый лед, внутри которого талые воды не проникают. Для ускорения превращения монолитного льда в ослабленный «рыхлый» лед предлагается использовать ледяные фигуры, собирающие солнечные лучи и расположенные на поверхности очищенного от снега ледяного покрова. Такие фигуры в виде линз, усеченных конусов, полуцилиндров можно создать на месте, замораживая воду в соответствующих формах. Было бы проще всего сделать такие фигуры на поверхности самого льда в виде лунок или выемок, заполненных прозрачным раствором экологически не вредных солей другим чем лед коэффициентом преломления [8]. За счет усиления солнечной радиации путем фокусирования солнечных лучей с помощью ледяных объемных линз можно ускорить разрушение льда без распиловки и использования искусственных источников энергии на местах пролегания нефтепроводов по дну рек для предотвращения повреждения подводных коммуникаций. За зиму реки мелеют, в связи с этим во время весеннего ледохода возникает угроза разрушения нефтепроводов, пролегающих по дну рек. В таких случаях создают искусственный затор для поднятия уровня воды на местах пролегания нефтепроводов для беспрепятственного прохождения ледохода. На небольших реках такой искусственный затор льда во время вскрытия можно создать натяжением уложенного заранее по дну реки троса [9]. Одним из эффективных методов управления скоростью паводковой воды, и следовательно уровнем воды на реке, является создание искусственных зажоров. Во время зажора масса мелкого льда, заполняя, практически всё сечение реки, значительно затормаживает скорость течения, вызывая тем самым подъем уровня воды на реке. Однако, образование зажоров, как правило, происходит во время ледостава, тогда как во время весеннего паводка основная масса льда достаточно крупная для образования зажора, т.к. такие куски льда не смогут подныривать под лед и образовывать ледяную «кашу». Нами предлагается для образования достаточной массы мелкого льда использовать вышеприведенный способ усиления солнечной радиации. Одновременное разрушение достаточной площади «разрыхленного» ледяного покрова усиленной солнечной радиацией создаст массу мелких льдин, которые увлекаясь течением и встречая сплошное ледяное поле вниз по течению, забьются под ледяное поле, образуя ледяную «кашу» и сужая сечение реки, и тем самым вызывая поднятие уровня реки [10]. При отсутствии естественных условий образования зажора на реке можно использовать трос с закрепленной на нем прочной сетью частично перекрывающей русло реки, с грузилами, заранее до ледостава уложенный по дну реки, один конец которого закреплен неподвижно на берегу, а другой конец соединен с лебедкой, расположенной на противоположном берегу [11]. Такие зазоры можно создать по всей реке или впадающим рекам эффективно регулируя скорость паводковых вод сибирских рек, ведя мониторинг из космоса, защитить население и объекты экономики.

Таким образом, в Институте проблем нефти и газа СО РАН разработан целый комплекс защиты нефтепроводов на подводных переходах: от превентивной защиты при аварийных разливах нефти до управления уровнем паводковой воды для сохранения подводных коммуникаций энергетики от повреждения во время весеннего ледохода.

#### Список литературы

1. План по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах магистральных нефтепроводов ООО «Востокнефтепровод», 2007.
2. Консейсао А.А. Разработка новых сорбентов и адгезионных нефтесборщиков для сбора аварийных разливов углеводородов: дис. ...д-ра. техн. наук. – Уфа, 2008. – С. 105 – 106.
3. Способ защиты водоемов при аварийных разливах нефти: пат. 2435903 Рос. Федерация. № 2010123277; заявл. 07.06.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
4. Способ сбора разлитой нефти в зоне траншейного подводного перехода магистрального нефтепровода: пат. 2439244 Рос. Федерация. № 2010127708; заявл. 05.05.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.

5. Устройство для сбора нефти под водой: пат. 2465400 Рос. Федерация. № 2011116848; заявл. 27.04.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30.
6. Устройство для сбора нефти под водой: пат. 2771925 Рос. Федерация. № 2011123267; заявл. 08.06.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
7. <http://www.ysia.ru/print/5392>
8. Способ разупрочнения ледяного покрова: № 2013129613; заявл. 27.06.2013.
9. Устройство для создания искусственного затора на реках: № 2013136718; заявл. 06.08.2013.
10. Способ регулирования уровня паводковой воды на реках: № 2013135024; заявл. 25.07.2013.
11. Устройство для создания искусственного зазора на реках: № 2013136741; заявл. 06.08.2013.

#### **Определение ширины противопожарного разрыва в зависимости от скорости ветра и свойств лесного массива**

**Гербель Д.П., Фрянова К.О.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск  
[frosia5766@mail.ru](mailto:frosia5766@mail.ru)*

Леса — один из важнейших видов ресурсов на Земле. Лесные ресурсы относятся к возобновляемым ресурсам. Мировые лесные ресурсы характеризуются двумя главными показателями: запасами древесины на корню (350 млрд. м<sup>3</sup>) и размерами лесной площади (4,1 млрд. га или около 27% площади суши), которые благодаря постоянному приросту ежегодно увеличиваются на 5,5 млрд. м<sup>3</sup>.

Леса играют огромную роль в российской экономике не только как источники древесины, но и многих видов сырья. При хозяйственной оценке лесных ресурсов первостепенное значение имеет такая характеристика, как запасы древесины. В России самые большие запасы лесов в мире и площадь наших лесов составляет более 800 000 га. Лес занимает около 45% территории нашей страны и составляет около 24% запасов всей планеты [1].

Значимую роль леса играют в газовом балансе атмосферы и регулировании климата планеты. Общий баланс для лесов России, рассчитанный Б.Н.Моисеевым составил для углекислого газа 1789064.8 тыс. тонн, а для кислорода - 1299019.9 тыс. тонн. Ежегодно в лесах России депонируется 600 млн. тонн углерода. Эти гигантские объемы миграции газов существенно стабилизируют газовый состав и климат планеты [2].

Ежегодно в Российской Федерации в результате лесных пожаров гибнет около 1 млн. га леса. Наиболее опасным видом лесных пожаров являются верховые, на долю которых приходится до 70% выгоревшей площади. Верховой пожар распространяется по кронам деревьев, при этом чаще всего горит весь древостой. Возникновение и развитие верховых лесных пожаров происходит, в основном, от низовых лесных пожаров в древостоях с низко опущенными кронами, в разновозрастных хвойных лесах, в многоярусных и с обильным подростом насаждениях, а также в горных лесах. Скорость верховых лесных пожаров такова: устойчивого - 300–1500 м/ч, беглого - 4000–5000 м/ч [3]. Следует отметить, что до сих пор не выяснены до конца механизмы и условия возникновения различных видов лесных пожаров.

Тушение лесных пожаров требует больших затрат сил и средств, и, в подавляющем большинстве случаев, малоэффективно или невозможно. Экспериментальные методы изучения лесных пожаров являются дорогостоящими и не позволяют проводить полное физическое моделирование данного явления, представляют интерес теоретические методы исследования [4]. Поэтому изучение данного явления с помощью метода математического моделирования помогает разработать профилактические меры по предотвращению и определению возможности возникновения лесных пожаров, ведь математическая модель — это приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математического аппарата.

В представленной работе нами исследуется влияние скорости ветра, влагосодержания и запаса лесных горючих материалов (ЛГМ) на ширину противопожарного разрыва для верховых лесных пожаров. Исследование проводится методом математического моделирования физических процессов. Этот метод основывается на численном решении трехмерных уравнений Рейнольдса для турбулентного течения с учетом уравнений диффузии для химических компонентов и уравнений сохранения энергии для газовой и конденсированной фаз и уравнения состояния. Для получения дискретных аналогов используется метод контрольных объемов [5].

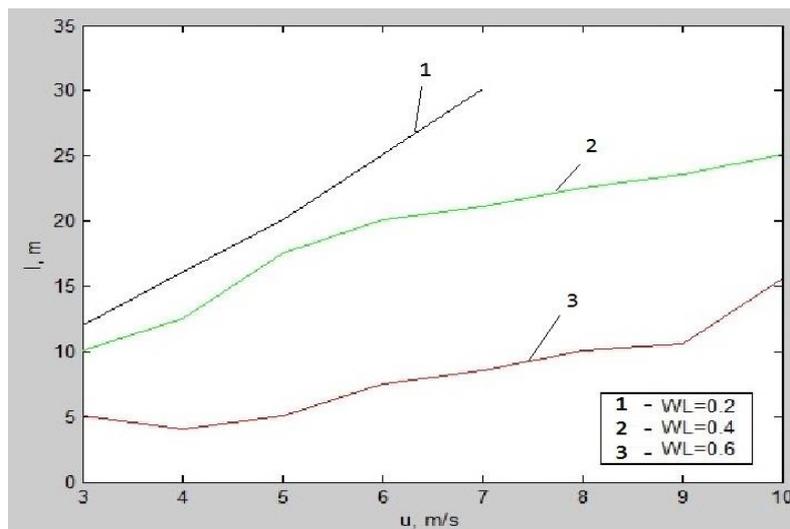


Рис. 1. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и влагосодержания ЛГМ.

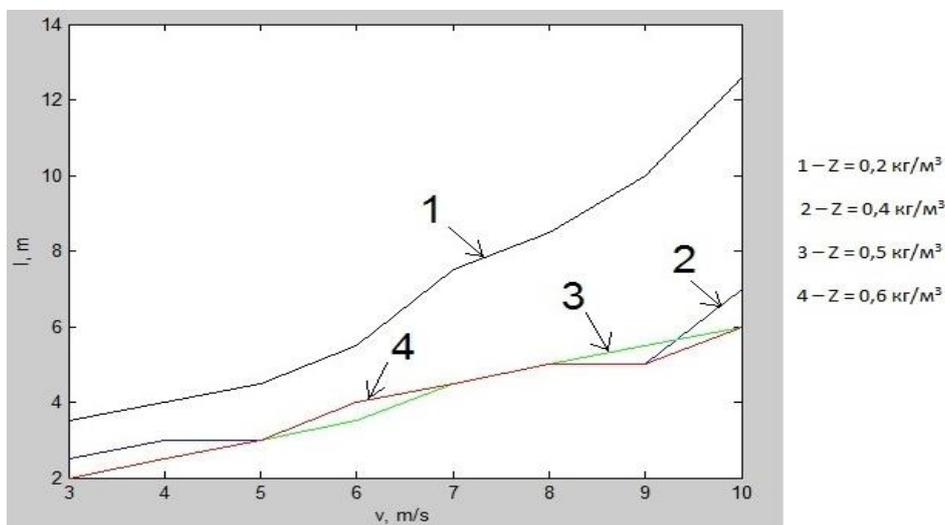


Рис. 2. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и запасов ЛГМ.

В результате численного интегрирования получены поля распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза при распространении верховых лесных пожаров через противопожарные разрывы. На основе полученных данных нами изучена зависимость критических размеров противопожарных разрывов от основных характеристик лесных массивов и скорости ветра (Рис. 1-2). Анализируя Рис. 1-2. можно сделать вывод, что с увеличением скорости ветра необходимо увеличивать разрыв, а так же чем больше влаги содержится в ЛГМ и чем больше его запас, тем меньшая ширина просеки требуется для предотвращения распространения пожара.

На Рис. 3-4 а) и б) представлены распределения основных функций для двух случаев преодоления и непреодоления разрывов.

Следовательно, с помощью данной математической модели можно получить критические условия распространения верхового лесного пожара при заданных размерах разрыва, иначе говоря, зависимость скорости распространения от скорости ветра, влагосодержания лесных горючих материалов (ЛГМ) и их запасов, что, в свою очередь, дает возможность применять такой метод расчетов для профилактики и разработки новых методик профилактики и борьбы с верховыми лесными пожарами.

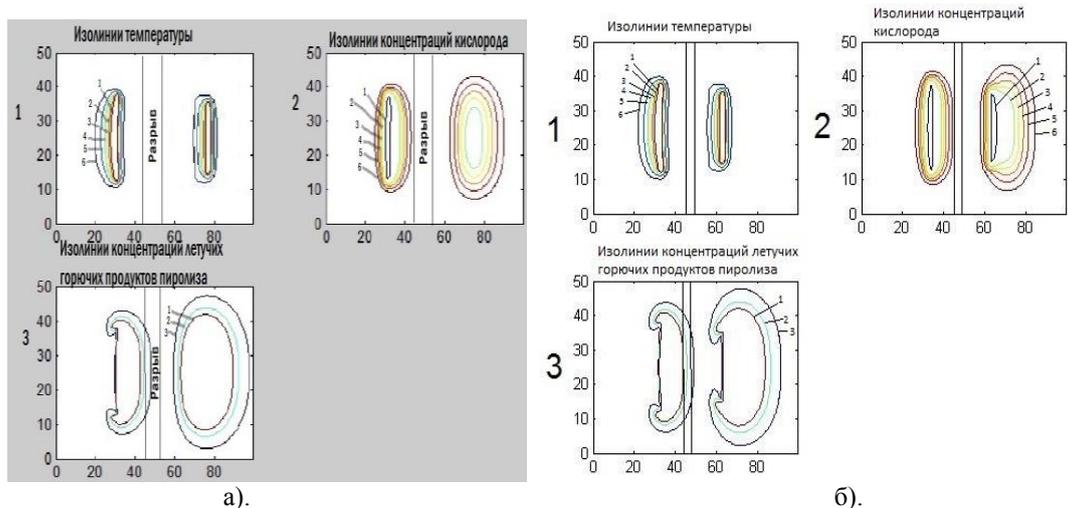


Рис. 3. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза. (а) - зависимость от влагосодержания ЛГМ; б) - зависимость от запасов ЛГМ).

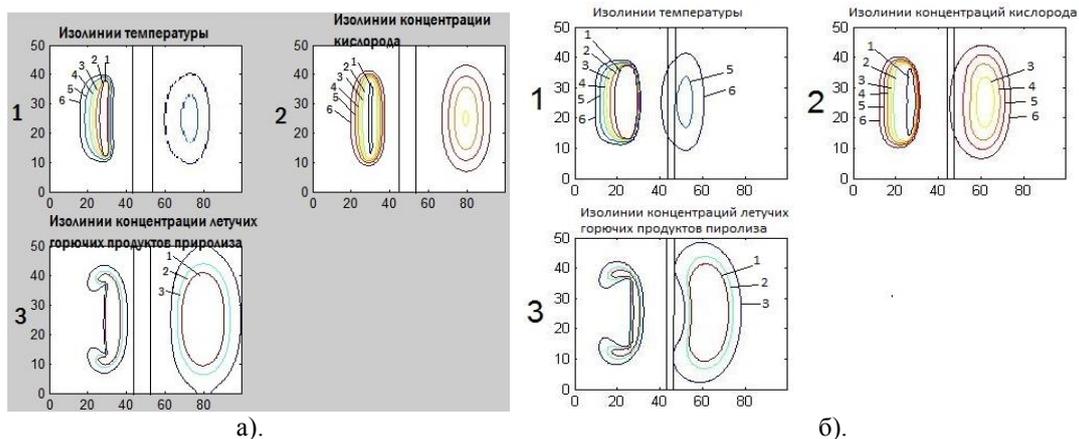


Рис.4 Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза. (а) - зависимость от влагосодержания ЛГМ; б) - зависимость от запасов ЛГМ).

При увеличении скорости распространения верхового лесного пожара происходит уменьшение влагосодержания лесных горючих материалов. И соответственно, если увеличивается скорость ветра (скорость движения воздушных масс), то скорость распространения верхового лесного пожара увеличивается. Кроме того, при увеличении скорости ветра необходимо увеличивать ширину разрыва, а меньшему запасу ЛГМ соответствует большая ширина разрыва.

#### Список литературы

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, 1992, 408 с.
2. Гришин А.М., Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. - Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. – С.38-75.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: Пособие для лесных пожарных. Изд.3-е, перераб. и доп. – М.:ВНИИЛМ, 2002. 104 с.
4. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. - 2002. -V.2329. –P.823-832.
5. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – 124с.,152 с.

### Численный анализ влияния инженерных сооружений на тепловые режимы подземных хранилищ сжиженного газа

Е.С. Глазырин, Н.С. Тетерина.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[evgen2103@sibmail.com](mailto:evgen2103@sibmail.com)

В настоящее время, наблюдается неравномерный характер потребления газонефтепродуктов в Российской Федерации. Это связано с возможностью экспорта в другие страны, географической разобщенностью районов добычи, переработки и использования газонефтепродуктов, а также совпадением по времени максимального спроса на топливо и на электро- и теплоэнергию. Поэтому сезонные колебания потребления, возможные непредвиденные ситуации и перебои в газоснабжении и нефтеснабжении требуют создания значительных запасов. Поэтому рост добычи и использования газа привел к необходимости строительства хранилищ больших объемов вблизи промышленных районов для удовлетворения спроса на газ.

В настоящее время широкое распространение получают подземные хранилища сжиженного природного газа. Конструктивные схемы подземных ёмкостей для хранения газов и особенности их эксплуатации представлены в [1].

Рассматривается изотермический резервуар для хранения сжиженного природного газа, стенки которого выполнены из предварительно напряженного железобетона, изолированный насыпным перлитом, размещенный в зоне влияния инженерных сооружений.

Целью работы является моделирование теплопереноса в зоне размещения хранилища сжиженного газа с учетом влияния инженерного сооружения на тепловые режимы подземных хранилищ сжиженного газа.

Моделирование проведено с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics [2] с использованием модуля General Heat Transfer.

Исследования проводились для резервуара диаметром  $d=72\text{м}$ , высотой  $L=50\text{м}$ , изолированного теплоизоляционным материалом толщиной  $\delta_{\text{и}}=1\text{м}$ . Температура на внутренней поверхности резервуара соответствует температуре хранения жидкого метана  $T_{\text{сгр}}=113,150\text{К}$ . Температура окружающей среды принималась равной средней температуре воздуха за месяц сентябрь[3]:  $T_{\text{н}}=282,45^{\circ}\text{К}$  (г. Томск). Заглубление фундамента составляло  $h=2\text{м}$ . Согласно [4] коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций инженерного сооружения соответственно для стен и пола по грунту  $\alpha_{\text{вс}}=8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$  и  $\alpha_{\text{вп}}=4,5\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$ . Коэффициент теплоотдачи от стены к окружающей среде принимался равным  $\alpha=23\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , от грунта к окружающей среде  $\alpha=15\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов

Материал	Тепловая изоляция	Грунт	Железобетон
$\lambda$ , Вт/(м · К)	$0,0518+0,000163x(T-273,15)$	$2,2-0,0015x(T-273,15)$	1,54
$c$ , Дж/(кг · К)	$869+2,88x(T-273,15)$	$965+3,2x(T-273,15)$	887
$\rho$ , кг/м	139	2000	2200

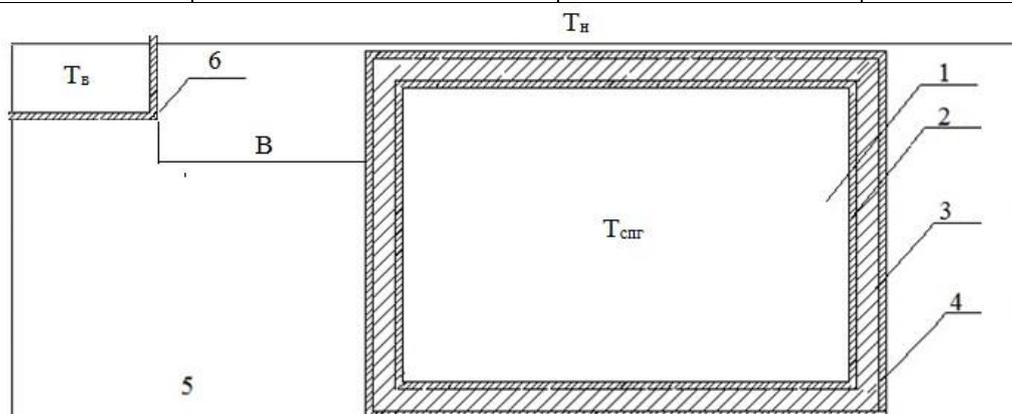


Рис. 1. Схема поперечного сечения зоны расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа.

В таблице 1 приведены значения [1,5] теплофизических характеристик тепловой изоляции, грунта, фундамента из железобетона использованные при проведении исследований тепловых режимов рассматриваемой системы, представленной на рисунке 1.

Обозначения на схеме: 1 – внутренняя область резервуара; 2 – внутренняя стенка резервуара; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – наружная стена выполненная из предварительно напряженного железобетона; 5 – грунт; 6 – инженерное сооружение;

$T_n$  – температура наружного воздуха;  $T_{снг}$  – температура сжиженного природного газа;  $T_v$  – температура внутри инженерного сооружения.

#### Результаты 3D моделирования.

Основные результаты 3D моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения приведены в таблицах 2-5. На рисунках 2-3 представлены температурные поля в зоне хранилища сжиженного газа расположенного в области влияния инженерного сооружения с внутренней температурой  $T_v=293,15^{\circ}\text{K}$ .

Таблица 2. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа.

$T_n, \text{K}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_1, \text{Вт}$
Сентябрь, 282,45	15880,62	30814,46	51611,21	98306,29
Январь, 254,05	12950,78	24268,27	41699,3	78918,35
Среднегодовая, 272,65	14860,32	28491,98	48142,61	91494,91

Таблица 3. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения, сентябрь  $T_n=282,45^{\circ}\text{K}$ .

$B, \text{м}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_2-Q_1, \text{Вт}$	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
10	15903,38	30890,64	51773,8	98567,82	261,53	0,266036
50	15893,19	30799,43	51644,15	98336,77	30,48	0,031005
100	15891,91	30804,03	51615,3	98311,24	4,95	0,005035
150	15887,98	30804,91	51617,44	98310,33	4,04	0,00411

Таблица 4. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения, Январь  $T_n=254,05^{\circ}\text{K}$ .

$B, \text{м}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_2-Q_1, \text{Вт}$	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
10	13007,34	24214,47	42309,16	79530,97	612,62	0,776271
50	12991,2	24249,8	41805,34	79046,34	127,99	0,16218
100	12976,68	24258,58	41725,81	78961,07	42,72	0,054132
150	12967,84	24260,08	41716,55	78944,47	26,12	0,033097

Таблица 5. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения, при среднегодовой температуре  $T_n=272,65^{\circ}\text{K}$ .

$B, \text{м}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_2-Q_1, \text{Вт}$	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
10	14895,21	28523,2	48463,22	91881,63	386,72	0,422668
50	14882,76	28475,82	48201,52	91560,1	65,19	0,07125
100	14876,77	28481,85	48154,71	91513,33	18,42	0,020132
150	14871,1	28482,93	48152,76	91506,79	11,88	0,012984

Обозначения:  $T_n$  - расчетная температура наружного воздуха, K;  $B$  - расстояние от хранилища сжиженного газа до фундамента здания, м;  $Q_d$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа через дно, Вт;  $Q_n$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа через перекрытие, Вт;  $Q_c$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа через стены, Вт;  $Q_1$  - притоки

тепла к хранилищу сжиженного газа при отсутствии близ расположенных инженерных сооружений, Вт;  $Q_2$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа расположенному в зоне влияния инженерных сооружений, Вт;  $\delta$  – расхождение величин теплопритоков к резервуару при отсутствии и наличии в зоне его влияния инженерных сооружений, %.

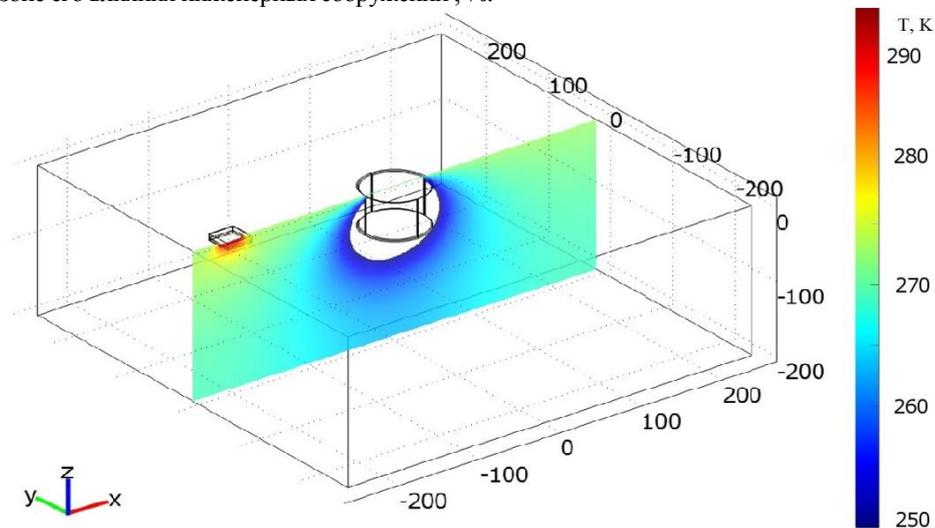


Рис. 2. Температурное поле в зоне расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа, находящегося на расстоянии 150м от инженерного сооружения.

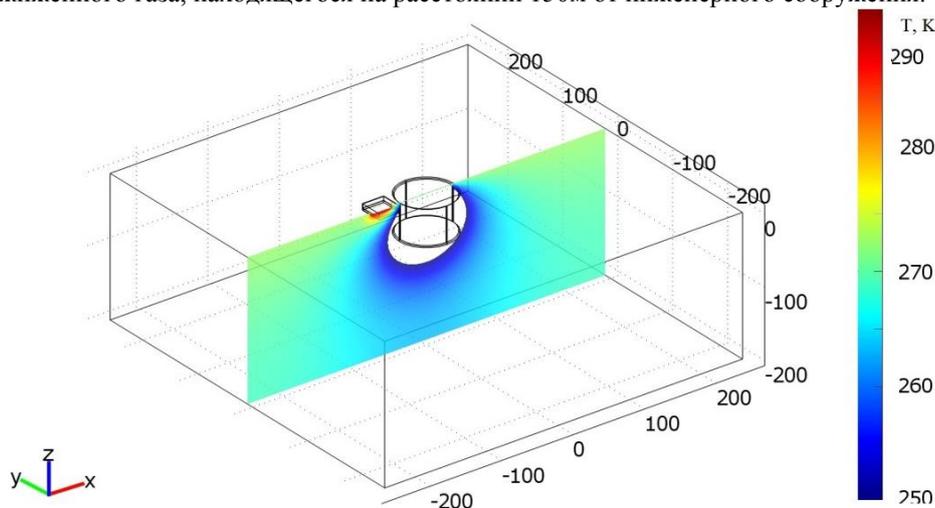


Рис. 3. Температурное поле в зоне расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа, находящегося на расстоянии 10м от инженерного сооружения.

Результаты исследований позволяют говорить об увеличении притоков тепла к хранилищу сжиженного природного газа при расположении в зоне его влияния инженерных сооружений.

Анализ изменения величин притоков тепла в зависимости от расстояния между хранилищем сжиженного природного газа и фундаментом здания (таблицы 2–5) позволяет сделать вывод о том, что уменьшение расстояния от 150 м. до 10 м. приводит к возрастанию теплопритоков на 0,42 % при среднегодовой температуре наружного воздуха  $T_n=272,65$  °К.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-08-00201-а и грантов Президента РФ № МК-1284.2011.8, № МК-1652.2013.8.

#### Список литературы

1. Яковлев Е. И., Видовский Л.А., Глоба В.М. Тепловые режимы хранилищ сжиженных газов. –Л.: Недра, 1992. –184с.
2. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB.

- СПб.: СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.
3. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. - М, 2000 г.
  4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М. : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 46 с.
  5. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.

#### Слаботочные корабельные телефонные станции

*Городецкий И.В., Федюк Р.С., Алферьев И.С., Комардин Д.В.*  
Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток  
*roman44@mail.ru*

Батарейная телефония применяется для связи помещений с шумами, не превышающими 110 дБ. Батарейная телефония с применением остеофонов и усилением обычно применяется для связи помещений, имеющих повышенный уровень шумов.

При батарейной телефонной связи используются телефонные аппараты с угольными микрофонами ТАК-2 для двухпроводной и ТАК-3 для трехпроводной связи. Принципиальная схема устройства и работы этих аппаратов одна и та же. Особенностью устройства ТАК-3 является лишь наличие звонка постоянного тока.

Батарейная телефонная связь по способу питания бывает двух систем: системы ЦБ, т. е. питания всей установки (независимо от места нахождения телефонных аппаратов) от одной центральной батареи и системы МБ, осуществляющей индивидуальное питание каждого телефонного аппарата от своей местной батареи.

На кораблях применяется батарейная телефония системы ЦБ. Основным недостатком батарейной связи – это угольный микрофон. Угольный микрофон широко применяется для телефонной передачи речи, так как имеет сравнительно низкую стоимость, простое устройство и обладает способностью усиливать колебания. Однако наряду с этими ценными свойствами угольный микрофон имеет недостатки; нестабильность характеристик во времени, значительные нелинейные и частотные искажения, вносимые микрофоном в тракт передачи, зависимость параметров микрофона от его положения и пространстве, спекание и гигроскопичность зерен угольного порошка [1].

Чтобы исправить проблему нужно заменить угольный микрофон на динамический.

Аппаратура батарейной телефонной станции (БТС) предназначена для обеспечения аналоговой телефонной связью различных помещений корабля как в штатном режиме, так и в аварийных ситуациях, обусловленных выходом из строя основных систем внутрикорабельной связи, а также при отключении электропитания.

В системах безбатарейной телефонной связи (парной, с коммутаторами) применяют безбатарейные телефонные аппараты типа СТА двух модификаций СТА-1 и СТА-3, которые отличаются только конструкцией микротелефонной трубки и съемного подпятника на корпусе аппарата для ее установки. Телефонный аппарат типа СТА-1 устанавливают в помещениях с высоким уровнем шумов. Аппарат имеет микротелефонную трубку типа МТ-Ф с акустическим фильтром. В такой трубке микрофон защищен от воздействия шума, установлен в верхней части трубки и сообщается с полостью рта говорящего через нижний раструб и акустический канал рукоятки. Телефонный аппарат типа СТА-3 устанавливают в помещениях с нормальным уровнем шума. Аппарат имеет микротелефонную трубку типа МТ-Б. В этой трубке микрофон установлен в нижней части, от попадания влаги защищен дополнительной внешней мембраной. Все телефонные аппараты типа СТА снабжаются дополнительной телефонной трубкой типа ДТ-Ф для второго уха. На прикладываемые к уху части трубок надеты мягкие резиновые заглушки для их изоляции от шума.

В качестве источников вызывного тока в приборах безбатарейной телефонной связи применяется индуктор, представляющий собой магнитоэлектрическую машину переменного тока ручного действия. В качестве звукового сигнала вызова используется поляризованный звонок переменного тока, механизм которого устанавливается в телефонный аппарат либо коммутатор [2].

Необходимо отметить все возрастающее применение на судах безбатарейной телефонии, с успехом конкурирующей с батарейной и в ряде случаев ее вытеснившей.

Это объясняется тем, что безбатарейная телефония при одинаковых технических параметрах с батарейной телефонией имеет большое преимущество перед ней вследствие отсутствия источника питания и простоты самой схемы.

Недостатками, является низкое качество телефонной связи с судовыми помещениями, имеющими высокий уровень акустических помех. Кроме того, вследствие низкого уровня сигнала не обеспечивается циркулярное соединение большого числа абонентов.

В дальнейшем развитие систем внутрикорабельной связи будет определяться достижениями в области оптоэлектроники на базе волоконно-оптической техники.

Но будущее конечно же за корабельными автоматическими телефонными станциями (КАТС). Цифровая АТС – это современная телефонная станция, в которой коммутация и управление являются полностью цифровыми, что позволяет бесконечно расширять перечень ее функций и возможностей. Сигнал, идущий от первоисточника, оцифровывается в отделе абонентского комплекта и передается внутри АТС и между автоматическими телефонными станциями в цифровом виде. Это является гарантией отсутствия затухания и минимизирует помехи, независимо от длины пути сигнала. Универсальность цифровых АТС заключается в том, что путем изменения конфигурации программного обеспечения можно создавать системы с большим спектром функций, в зависимости от нужд и требований потребителя.

Главное достоинство современных цифровых АТС- это большое число функций и возможностей.

Корабельная автоматическая цифровая телефонная станция П-443Э предназначена для обеспечения автоматической телефонной связью надводных кораблей и судов, подводных лодок всех классов и других объектов. Благодаря модульной конструкции и сетевой архитектуре позволяет обеспечить абонентскую емкость станции от 16 до 2048 абонентов, включая аналоговые соединительные линии с береговыми АТС.

#### Список литературы

1. Каракаев А.Б., Туленинов В.М. Внутрикорабельные технические средства связи, их ремонт и эксплуатация. – СПб, 2005
2. РД 31.21.30-97. Нормативный документ. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. – М, 1997

#### К вопросу об экологической составляющей при выборе автономного источника теплоснабжения

*Гринкруг Н.В., Костиков С.А.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Россия, г. Комсомольск-на-Амуре*

Одним из важных вопросов в строительстве и эксплуатации индивидуальных жилых домов является выбор автономного источника теплоснабжения. Буквально пару десятков лет назад, в нашей стране выбор ограничивался только между централизованной или печной системой отопления. На сегодняшний день, существуют следующие системы отопления:

- 1) централизованная система отопления;
- 2) автономная система отопления. Наиболее известны следующие разновидности автономных систем отопления:
  - а) котельная на базе газовых котлов;
  - б) котельная на базе электрических котлов;
  - в) котельная на базе мазутных котлов;
  - г) котельная на базе твердотопливных котлов;
  - д) тепловые насосы.

На выбор системы отопления влияет множество факторов, среди которых, самыми главными являются доступное топливо и его цена за одну единицу. Так, в Хабаровском крае, наиболее экономически эффективным и выгодным является котел, работающий на каменном угле. Далее обращают внимание на стоимость покупки оборудования, его монтаж и эксплуатационные расходы на содержание системы. Реже всего, покупатели, рассматривают экологичность использования того или иного вида топлива и соответствующей для него системы отопления.

Сегодня, в России, рынок индивидуальных отопительных котлов переполнен различными фирмами-производителями, которые предлагают котлы, предназначенные для малоэтажных жилых домов, мощностью от 5 и до 300 кВт. На нашем рынке лидерами продаж являются немецкие (Viessmann) и финские (JAMA) производители. Но даже среди лидеров, которые являются эталоном качества в производстве котлов, в технических характеристиках не указываются возможные выбросы вредных веществ в атмосферу. Данная информация особенно актуальна для России, так как на период 2012 г., в 69% городов степень загрязнения воздуха оценивается как очень высокая, в 14% городов высокая, и только в 17% городов — как низкая. Таким образом, 38% городского населения проживает на территориях, где не проводятся наблюдения за загрязнением атмосферы, а 55% — в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферы, в которых проживает около 58,0 млн. человек [1]. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна России являются теплоэнергетика, предприятия черной и цветной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии, автотранспорт [1].

Рост строительства индивидуальных малоэтажных домов повлечет за собой рост количества индивидуальных котлов и выбросов вредных веществ в атмосферу. Именно поэтому является актуальным определение выбросов основных вредных веществ при использовании котельных на природном газе, каменном угле и мазуте. В расчете определяются выбросы оксидов азота  $\text{NO}_2$ , оксидов серы  $\text{SO}_2$ , оксидов углерода  $\text{CO}$  и выбросы твердых веществ от котельных, которые вырабатывают до 1 Гкал в час. Расчет был выполнен для города Комсомольска-на-Амуре (Хабаровский край) по методике [2].

Расчет выбросов оксидов  $\text{NO}_2$  азота при сжигании природного газа определяется по формуле:

$$M = V_p * Q_i^y * K_{\text{NO}_2}^y * V_k * V_t * V_a * (1 - V_y) * (1 - V_\delta) * K_{\text{п}}, \quad (1)$$

где  $V_p$  — расчетный расход топлива,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $Q_i^y$  — низшая теплота сгорания топлива,  $\text{МДж}/\text{м}^3$ ,  $K_{\text{NO}_2}^y$  — удельный выброс оксидов азота при сжигании газа,  $\text{г}/\text{МДж}$ ,  $V_k$  — безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки,  $V_a$  — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота,  $V_y$  — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота,  $V_\delta$  — безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру,  $V_\delta$  — коэффициент пересчета.

$$M = 0,0375 * 35 * 0,044 * 1 * 1 * 1,225 * 1 * 1 * 1 = 0,07 \text{ г/с.}$$

Расчет выбросов оксидов  $\text{NO}_2$  азота при сжигании твердого топлива определяется по формуле:

$$M = V_p * Q_i^y * K_{\text{NO}_2}^M * V_t * V_a * (1 - V_y) * (1 - V_\delta) * K_{\text{п}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{NO}_2}^M$  — удельный выброс оксидов азота при сжигании мазута,  $\text{г}/\text{МДж}$ .

$$M = 0,0331 * 40 * 0,112 * 1 * 1,113 * 1 * 1 * 1 = 0,16 \text{ г/с.}$$

Расчет выбросов оксидов  $\text{NO}_2$  азота при сжигании мазута определяется по формуле:

$$M = V_p * Q_i^y * K_{\text{NO}_2}^T * V_y * K_{\text{п}}, \quad (3)$$

где  $K_{NO_2}^T$  — удельный выброс оксидов азота при сжигании твердого топлива, г/МДж.

$$M = 0,088 * 20 * 0,012 * 0,96 * 1 = 0,020 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов серы  $SO_2$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании природного газа, определяют по формуле:

$$M = 0,02B_p * S^y * (1 - \eta_{SO_2}'' ) * (1 - \eta_{SO_2}' ), \quad (4)$$

где  $B_p$  — расчетный расход топлива, м<sup>3</sup>/с,  $S^y$  — содержание серы в топливе на рабочую массу, %,  $\eta_{SO_2}''$  — доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц,  $\eta_{SO_2}'$  — доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле.

$$M = 0,02 * 0,375 * 0,00024 * 1 * 1 = 0,00000018 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов серы  $SO_2$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании мазута:

$$M = 0,02 * 0,314 * 0,02 * (1 - 0,02) * 1 = 0,000013 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов серы  $SO_2$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании каменного угля:

$$M = 0,02 * 0,088 * 0,02 * (1 - 0,15) * 1 = 0,0000029 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов углерода  $CO$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании природного газа определяется по формуле:

$$M = 10^{-3} * B * C_{CO} * (1 - \frac{q_4}{100}), \quad (5)$$

где  $B$  — расчетный расход топлива, м<sup>3</sup>/с,  $C_{CO}$  — выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг (г/нм<sup>3</sup>),  $q_4$  — потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %.

$$M = 10^{-3} * 0,0375 * 3,50 * (1 - \frac{0}{100}) = 0,000131 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов углерода  $CO$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании мазута:

$$M = 10^{-3} * 0,0314 * 5,2 * (1 - \frac{0,1}{100}) = 0,00016 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов углерода  $CO$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании каменного угля:

$$M = 10^{-3} * 0,088 * 10 * (1 - \frac{1,66}{100}) = 0,00086 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива)  $M_{тв}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов при сжигании мазута определяется по формуле:

$$M = 0,01B_p \left( a_{yH} * A^r + q_4 * \frac{Q_i^y}{32,68} \right) * (1 - \eta_3), \quad (6)$$

где  $B_p$  – расчетный расход топлива, м<sup>3</sup>/с,  $A^r$  – зольность топлива на рабочую массу, %,  $a_{yH}$  – доля золы, уносимой газами из котла, %,  $q_4$  – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %,  $\eta_3$  – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, %,  $Q_i^y$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг,  $32,68$  – теплота сгорания углерода, МДж/кг.

$$M = 0,01 * 0,0314 \left( 0,95 * 0,04 + 0,1 * \frac{40}{32,68} \right) * (1 - 0,8) = 0,000010 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива)  $M_{тв}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов при сжигании каменного угля:

$$M = 0,01 * 0,088 \left( 0,95 * 0,15 + 1,66 * \frac{20}{32,68} \right) * (1 - 0,8) = 0,00020 \text{ г/с.}$$

Для определения максимальной концентрации вещества при его рассеивании  $C$ , необходимо перевести г/с в мг/м<sup>3</sup> по следующей формуле:

$$C = \frac{A * M * F * n * m * \eta}{H^2 * \sqrt[3]{V * \Delta T}}, \quad (7)$$

где  $A$  – показатель стратификации атмосферы, принимаем = 200,  $M$  – выброс вредного вещества, г/с,  $F$  – коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредных веществ, принимается для газов  $F=1$ , для твердых частиц  $F=3$ ,  $n, m, \eta$  – безразмерные коэффициенты, принимаем  $n = m = \eta = 1$ ,  $H$  – высота трубы, м,  $\Delta T$  – разность температур газа и окружающей среды,  $V$  – объем газов, м<sup>3</sup>/с.

Все значения по суммарным выбросам вредных веществ, для большей информативности, сведены в таблицу 1.

Полученные значения максимальных концентраций вредных веществ, определенные по формуле 7, занесены в таблицу 2.

Предельно-допустимый выброс вредных веществ определяем по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) * H^2 * \sqrt[3]{V * \Delta T}}{A * M * F * n * m * \eta}, \quad (8)$$

где  $ПДК$  – предельно-допустимая концентрация вредного вещества, мг/м<sup>3</sup>,  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация вещества, принимаем  $C_{\phi} = 0$ .

Полученные значения, для большей информативности, занесем в табличную форму (таблица 3).

Таблица 1. Суммарные выбросы вредных веществ при выработке 1 Гкал/час

Вид топлива	Вредные вещества			
	Оксид азота NO <sub>2</sub> , г/с (т/г)	Оксид серы SO <sub>2</sub> , г/с (т/г)	Оксид углерода CO, г/с (т/г)	Твердые вещества, г/с (т/г)
Природный газ	0,07 (2,20)	0,00000018 (0,00000568)	0,000131 (0,04)	-
Топочный мазут	0,16 (4,73)	0,000013 (0,00041)	0,00016 (0,0050)	0,000010 (0,00031)
Каменный уголь	0,020 (0,63)	0,0000029 (0,000091)	0,00059 (0,0186)	0,00020 (0,0063)

Таблица 2. Максимальные концентрации вредных веществ при выработке 1 Гкал/час

Вид топлива	Вредные вещества			
	Оксид азота NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Оксид серы SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Оксид углерода CO, мг/м <sup>3</sup>	Твердые вещества, мг/м <sup>3</sup>
Природный газ	0,011	0,00000003	0,000021	-
Топочный Мазут	0,02	0,0000023	0,000029	0,000010
Каменный уголь	0,013	0,0000020	0,00059	0,00041

Таблица 3. Предельно допустимый выброс вредных веществ при выработке 1 Гкал/час

Вид топлива	Вредные вещества			
	Оксид азота NO <sub>2</sub> , г/с	Оксид серы SO <sub>2</sub> , г/с	Оксид углерода CO, г/с	Твердые вещества, г/с
Природный газ	0,51	3,01	30	-
Топочный мазут	0,46	2,72	27,2	0,90
Каменный уголь	0,48	0,72	7,2	0,240

По полученным данным таблиц 1 и 3 можно сделать вывод о том, что выбросы при выработке 1 Гкал в час не превышают предельно допустимых показателей и соответствуют нормам [3]. Наиболее экологически чистым котлом является котел, работающий на природном газе. Наибольший выброс вредных веществ в атмосферу производит котел, работающий на топочном мазуте.

#### Список литературы

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Экология\\_России](http://ru.wikipedia.org/wiki/Экология_России)
2. [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/7/7042/](http://www.infosait.ru/norma_doc/7/7042/)
3. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1998. – 4 с.

#### Экологические показатели Улан-Удэнской ТЭЦ-1 на основе энергоаудита

*Дамбиев Ц.Ц., Ганбаатар Ш., Баранова Е.А., Сафронов Е.В.*

[sh\\_gnbtr@yahoo.com](mailto:sh_gnbtr@yahoo.com)

#### Введение

Данное исследование является частью Программы энергосбережения Республики Бурятия. В качестве объекта исследования была выбрана Улан-Удэнская ТЭЦ-1. Рекомендации эколого-

энергетического обследования ТЭЦ-1 послужили основанием для практической реализации модели повышения энергоэффективности систем теплоснабжения города Улан-Удэ в Республике Бурятия. Улан-Удэнская ТЭЦ-1 является основным теплоснабжающим предприятием г. Улан-Удэ. Годовой отпуск тепловой и электрической энергии станции составляет около 2200 ГВт\*ч, где около 90% приходится на тепловую энергию, а отпуск электроэнергии составляет 10%. ТЭЦ-1 обеспечивает тепловой энергией 50% потребителей г. Улан-Удэ. Оборудование ТЭЦ-1 устарело и имеет низкую эксплуатационную надежность. По этой же причине уровень вредных выбросов в атмосферу высок, что особенно недопустимо в виду того, что ТЭЦ-1 расположена в центральной части города.

Наилучшим решением является реконструкция ТЭЦ-1 в короткий срок, которая может быть выполнена при относительно низких затратах. Выполнение такой задачи позволит покрыть существующий дефицит тепла в городе (до момента пуска в эксплуатацию новых энергоблоков ТЭЦ-2) и снизить до нормы концентрацию вредных выбросов в атмосферу, которая составляет недопустимо высокий уровень в настоящее время.

Суммарная установленная электрическая мощность станции составляет 118 МВт, а установленная тепловая мощность - 1160 МВт (997 Гкал/ч). Несмотря на высокую установленную мощность, станция не может покрыть потребность в тепловой энергии, которая составляет в январе 840 Гкал/ч. В результате этого, потребители вынуждены использовать в целях отопления более дорогой теплоноситель - электроэнергию.

Причины снижения мощности ТЭЦ-1 и предложения по её восстановлению.

По результатам энергоаудита ТЭЦ-1 не может достичь номинальной мощности по следующим основным причинам:

- недостаточный контроль температурного режима воздухоподогревателей паровых котлов;
- использование угля низкого качества по сравнению с проектным;
- низкая надежность работы питателей сырого угля (ПСУ);
- низкая надежность работы регуляторов питания котла (РПК);
- неустойчивый режим работы золоулавливающих установок, частые аварии на котлоагрегатах и паровых турбинах.

В 2011 году коэффициент нагрузки для паровых котлов составил 0,33. Для того, чтобы покрыть спрос на тепло без использования пиковых водогрейных котлов, паровые котлы должны работать с коэффициентом нагрузки равным 0,47. Чтобы достичь такой величины необходимы восстановление и реконструкция оборудования, а также выполнение следующих мероприятий:

- капитальный ремонт котлоагрегатов и паровых турбин;
- замена поврежденных блоков воздухоподогревателей;
- восстановление калориферов котлов;
- восстановление ПВД;
- сжигание угля с более высокой теплотворной способностью;
- реконструкция питателей сырого угля;
- модернизация регуляторов питания котла;
- автоматизация орошения золоулавливающих установок;
- внедрение объединенной информационной системы;
- обучение персонала.

Анализ затрат на топливо и возможности их сокращения

Цены топлива, которые использовались на Улан-Удэнской ТЭЦ-1 в 2011 году показаны на рис.1. Видно, что самым дешевым топливом является Окино-Ключевской уголь. Мазут имеет самую высокую цену за 1 Гкал.

После выполнения реконструкции сжигание мазута на водогрейных котлоагрегатах будет прекращено. Ситуация еще улучшится, если Тугнуйский уголь тоже будет замещен Окино-Ключевским углем. Такие нововведения повысят эффективность ТЭЦ-1.

В прошедшем году 14% тепловой энергии было выработано пиковыми водогрейными котлами, на которых было израсходовано 37 500 тонн мазута, в то время как на паровых котлах было сожжено только 6 200 тонн мазута. Следовательно, пиковые котлы могут быть выведены из работы в резерв, и расход мазута при этом сократится с 43 740 до 6200 тонн в год, что составит лишь 1,8% от теплотворной способности сжигаемого топлива.

По данным энергоаудита потери тепла с механическим недожогом составляют 3,3%, когда норма таких потерь для данных котлов не должна превышать 0,7%. Для сокращения потерь с химнедожогом и мехнедожогом необходимо внедрить систему КИП и Автоматики для контроля и

регулирования содержания кислорода на выходе из топки. Такая система позволит поддерживать оптимальные расходы и соотношения первичного и вторичного воздуха, повышая таким образом КПД котлоагрегатов не менее, чем на 2%. Расходы топлива при этом сократятся приблизительно на 26 миллионов рублей, а затраты на внедрение системы составят всего 18 миллионов рублей. Таким образом, благодаря увеличению объема продаж и сокращению затрат на топливо чистая прибыль возрастет почти вдвое при тех же самых затратах на топливо. Относительный прирост прибыли при этом составит 11,1% от объема продаж.

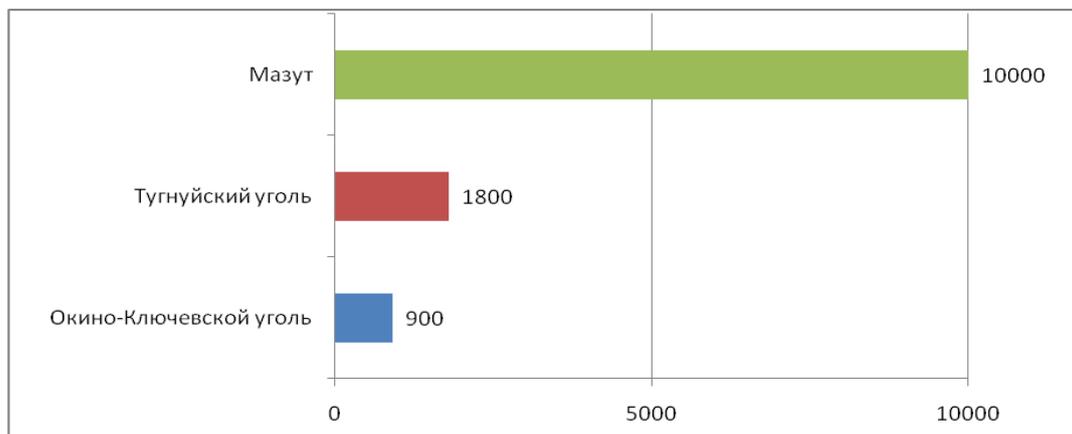


Рис.1. Цена единицы теплоты сгорания топлива, руб/Гкалл

Улучшение экологических показателей

*Снижение выбросов окислов серы, окислов азота и твердых частиц*

В настоящее время выброс вредных веществ в атмосферу является одной из важных проблем энергетики Бурятии. Недопустимо высокий уровень выбросов производится на ТЭЦ-1, особенно, твердых частиц. Это связано с тем, что мокрые золоуловители, которые установлены на станции уже не соответствуют современным экологическим требованиям. Более того, коэффициент улавливания золы снижается из-за неустойчивого режима орошения скрубберов. Поэтому, с целью снижения выбросов твердых частиц в атмосферу предлагается выполнить следующие мероприятия:

- Автоматизация процесса орошения золоулавливания на котле № 11
- Установка кольцевого эмульгатора на котле № 8
- Установка системы экологического контроля на котле № 8

В перспективе, в связи с возрастающими экологическими требованиями, аналогичное оборудование предполагается установить на всех остальных котлоагрегатах. Был рассмотрен вопрос о возможности снижения выбросов твердых частиц на остальных котлоагрегатах при сравнительно низких затратах, то есть без реконструкции существующих мокрых золоуловителей. При этом было выявлено, что основной причиной низкой эффективности улавливания золы является неустойчивый режим процесса орошения скрубберов (срыв мокрой плёнки). В связи с этим было принято решение установить контрольно-измерительное оборудование, которое позволит автоматизировать процесс орошения скрубберов и снизить концентрация твердых частиц в дымовых газах. В комплексе установка эмульгаторов на котлоагрегате № 8 и автоматизация орошения скрубберов на других котлоагрегатах позволят снизить концентрацию выбросов золы на 56%.

Необходимо отметить, что несмотря на увеличение отпуска энергии, относительный объем вредных выбросов сократится благодаря более высокому качеству сжигаемого угля и сокращению использования мазута. Наибольшее содержание серы имеет мазут. Установка дополнительного вентилятора рециркуляции дымовых газов на каждом котлоагрегате позволит уменьшить выбросы окислов серы и азота. Кроме того, с повышением коэффициента мощности паровых котлоагрегатов упадет необходимость использования пиковых водогрейных котлоагрегатов, которые работают на мазуте, в результате чего значительно сократится выброс окислов серы.

Содержание золы на 1 Гкал теплоты сгорания топлива сократится на 9,9%, а серы на 61,5%. Ожидается что удельное содержание твердых частиц и окислов серы в дымовых газах сократится

приблизительно в такой же пропорции как показано на рис.2. Сокращение выбросов окислов азота также будет иметь место благодаря внедрению схемы рециркуляции дымовых газов, которая предусматривает подачу дымовых газов в первичный воздух. Такой метод широко используется во всем мире, он позволяет снизить концентрацию окислов азота в дымовых газах до 30%. Предполагается, что в рассматриваемом случае их концентрация сократится до 20%.

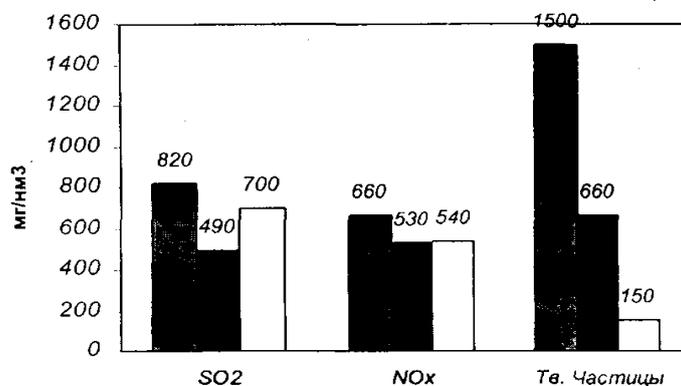


Рис.2. Концентрация выбросов окислов серы, окислов азота и твердых частиц в дымовых газах.

Предлагаемая реконструкция ТЭЦ-1 позволит улучшить не только экономические показатели, но и экологические. Особенно в значительной степени сократятся выбросы в атмосферу твердых частиц и окислов серы.

#### **Сокращение эмиссии двуокиси углерода**

После реконструкции ТЭЦ-1, несмотря на повышение КПД станции на 2%, годовое потребление условного топлива возрастет на 114 290 тонн в год, так как отпуск тепла со станции увеличится на 30%. Однако, благодаря увеличению отпуска тепла, произойдет замещение электроэнергии, которая используется потребителями для отопительных целей, более дешевой тепловой энергией в горячей воде. Потребители города Улан-Удэ, используют на отопительные цели 419 000 МВт\*ч (360 000 Гкал) электроэнергии, на производство которой используется 153350 тонн условного топлива в год на Гусиноозерской ГРЭС. В результате замещения электрической энергии тепловой сократится совокупный объем, потребления условного топлива на вышеуказанных тепловых электростанциях, величина снижения которого составит 39 060 тонн в год или 1,46% объема всего топлива сжигаемого в Бурятии в энергетических, отопительных и промышленных котлоагрегатах. Удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию с Гусиноозерской ГРЭС составляет 376 г/кВт\*ч, а удельный расход отпущенной тепловой энергии с ТЭЦ-1 150 г/кВт\*ч. В результате совокупного снижения потребления угля и мазута выброс эмиссий CO<sub>2</sub> сократится на 91 610 тонн в год.

#### **Список литературы**

1. Дамбиев Ц.Ц. Основы энергосбережения в ЖКХ. Учебное пособие, издательство БГСХА. 2011 г. 209 стр.
2. Дамбиев Ц.Ц. Охрана окружающей среды в энергетике Байкальского региона. Монография. Бурятское государственное книжное издательство. 1998 г, 211 ст.
3. Дамбиев Ц.Ц. Организация мониторинга воздушного бассейна тепловой электрической станции // Вестник Восточно-Сибирского Государственного Университета Технологий и Управления. – Ула-Удэ: ВСГУТУ, 2012, №2. –С.31-34.
4. <http://esstu.ru>

#### **Новые методики определения ионов тяжелых металлов в сточных водах для дальнейшего мониторинга**

***Елина В.В., Садомцева О.С., Шакирова В.В., Бровко Е.В., Кожина А.Д.***

*Астраханский государственный университет, Россия, г. Астрахань*

[fibi\\_cool@list.ru](mailto:fibi_cool@list.ru)

Вода - ценнейший природный ресурс. 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 км<sup>3</sup>. 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.

Круговорот воды в природе - это долгий путь ее движения. Он состоит из нескольких стадий: испарения, образования облаков, выпадения дождя, стока в ручьи и реки и снова испарения. На всем своем пути вода сама способна очищаться от попадающих в нее загрязнений - продуктов гниения органических веществ, растворенных газов и минеральных веществ, взвешенного твердого материала. Но эта способность самоочищения не безгранична. Сейчас мы подошли к этой грани вплотную. За последние годы на экологические системы обрушились огромные количества токсичных веществ, от которых они не способны защитить себя самостоятельно. И в основном это неочищенные или плохо очищенные сточные воды.

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  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , 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 результатов исследования

	$\text{Me}^{n+}$	Ind	Орг.реагент	$\lambda$ , нм	$l$ , см	pH
.	$\text{Fe}^{3+}$	пирокатехиновый фиолетовый (ПКФ)	тиамин	640	1	6
.	$\text{Cu}^{2+}$	Диметилглиоксим (ДМГ)	аскорбиновая кислота	400	1	6
.	$\text{Co}^{2+}$	Диметилглиоксим (ДМГ)	дофамин	500	1	9
.	$\text{Fe}^{2+}$	бромфеноловый синий (БФС)	пиридоксин	440	1	7

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.

Таблица №2. Таблица результатов исследования физико-химических свойств

№	$\text{Men}^{+}$	C, г/л	$\epsilon$	T, K	$\tau$ , мин	Уравнение градуировочной кривой
1.	$\text{Fe}^{3+}$	10-5 - 7* 10-4	4,75 · 103	273	240	$y=(0.161\pm 0.074)+(0,320\pm 0.0127x$
2.	$\text{Cu}^{2+}$	2,5*10-5 - 8* 10-4	4,27 · 103	298	180	$y = 0,12 + 0,15xi$
3.	$\text{Co}^{2+}$	5*10-5 - 8* 10-4	2 · 103	298	300	$y=(0,0059\pm 0,0003)+(0,1067\pm 0,040)x$
4.	$\text{Fe}^{2+}$	10-5 - 9*10-4	4,6 · 103	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. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985.– с 528.

#### Оценка интенсивности воздействия автотранспорта на окружающую среду

*С.Н. Ефремова*

*Павлодарский нефтегазовый колледж, Республика Казахстан, г. Павлодар*

[mavya.kadyrova@mail.ru](mailto:mavya.kadyrova@mail.ru)

Проблемы интенсивности движения автотранспорта решаются с учетом пропускной способности магистралей, необходимости освобождения центрального района города от всех видов транспорта, кроме общественного и специального: органов внутренних дел, корой помощи, пожарных, уборочных, доставляющих продукты и товары в детские учреждения и магазины [1]. Во многих странах вводятся ограничения по времени движения транспорта в отдельных районах города по времени суток, дням недели, сезонам. Применяют также и плату за въезд или пользование дорогами.

В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. Несоответствие транспортных средств экологическим требованиям при продолжающемся увеличении транспортных потоков и плохих дорожных условиях приводит к постоянному возрастанию загрязнения атмосферного воздуха, почв и водных объектов.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 20 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, оксиды азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бенз(а)пирен и бензоантроцен). При этом, наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%. Подсчитано, то среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и насыщает ее 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота [2].

Целью исследований являлась оценка интенсивности техногенного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, разработка методов оценки и управления загрязнением биосферы промышленного центра выбросами токсичных веществ автотранспортом и создание банков данных по выбросам автотранспорта.

Поставленная цель достигалась решение следующих задач: разработка методов оценки экологической ситуации и организации экологического мониторинга промышленного центра на примере города Павлодара путем обработки статистических данных по выбросам в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом; проведение исследований по загруженности транспортных потоков городской территории и создание базы данных по параметрам выбросов загрязняющих веществ автотранспортом; проведение расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере города на основе созданных банков данных по выбросам автотранспорта.

Важным аспектом оценки интенсивности влияния на окружающую среду является оценка загруженности участка улицы автотранспортом в зависимости от его видов, а также оценка уровня загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами автотранспортных средств (по концентрации оксида углерода).

Интенсивность движения автотранспорта производится методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 1 часу (60 минут) в каждом из сроков замеров, в 8, 13, 17 часов. Загруженность движения на улице Лермонтова представлена в таблице 1.

**Таблица 1.** Загруженность автотранспортом на улице Лермонтова

Время	Тип автомобиля	Число единиц
8 <sup>00</sup> - 9 <sup>00</sup>	Легкий грузовой	3
	Средний грузовой	2
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	14
	Легковой	157
13 <sup>00</sup> - 14 <sup>00</sup>	Легкий грузовой	6
	Средний грузовой	4
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	11
	Легковой	109
17 <sup>00</sup> - 18 <sup>00</sup>	Легкий грузовой	8
	Средний грузовой	3
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	9
	легковой	118

На каждой точке учета производится оценка улицы: Тип улицы - магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой двух сторон; Уклон - 2; Скорость ветра - 4-4,5 м/с; Влажность воздуха - 69% (примерно будет 70%).

Итогом работы является суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ - 17.2.2.03-77:

Низкая интенсивность движения 2,7-3,6 тыс. автомобилей в сутки;

Средняя интенсивность движения 8-17 тыс. автомобилей в сутки;

Высокая интенсивность движения 17-27 тыс. автомобилей в сутки.

Загрязнение атмосферного воздуха отработавшими газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, мг/м<sup>3</sup> [3]. Исходными данными для работы служат показатели, собранные во время проведения оценки загруженности улицы автотранспортом.

Оценку уровня загрязнения приземного слоя атмосферы по концентрации оксида углерода определили по формуле - формула оценки концентрации углерода ( $K_{CO}$ ):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * NK_T) * K_A * K_Y * K_C * K_B * K_{\Pi}$$

где 0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха не транспортного происхождения, мг/м<sup>3</sup>; N - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей в час;  $K_T$  - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух CO;  $K_A$  - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;  $K_Y$  - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха CO в зависимости от величины продольного уклона;  $K_C$  - коэффициент, учитывающий изменение концентрации углерода в зависимости от скорости ветра;  $K_B$  - коэффициент относительной влажности воздуха;  $K_{\Pi}$  - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха CO у пересечений.

На основании проведения практических расчетов и экспериментальных наблюдений, в ходе исследования пришли к выводу, что необходимо провести информационное обеспечение по установлению загрязнения автотранспортом. Что позволило бы нам в более короткие сроки узнать

полную достоверную информацию с помощью баз данных, которые базируются на теоретических основах их проектирования. На основании собранных материалов создали базу данных. В базу данных вошла такая информация, как количество автотранспорта, динамика выбросов и др.

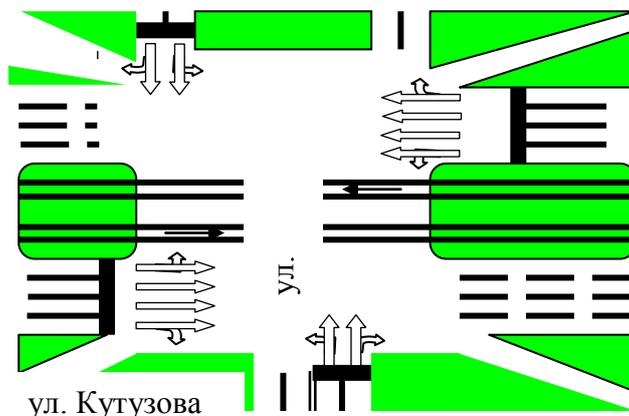


Рисунок 1. Участок обследования интенсивности транспортных потоков

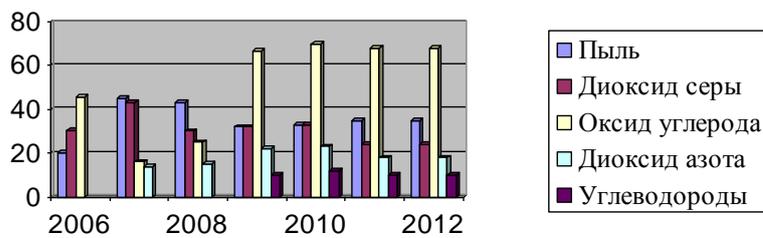


Рисунок 2. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Для создания базы данных по параметрам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу г. Павлодара производились измерения интенсивности транспортных потоков и распределение по категориям автомобилей семи основных магистралей города.

Для повышения достоверности результатов исследований, транспортные магистрали, выбранные как линейные источники загрязнения атмосферы, разбивались на отдельные квадраты с определенной плотностью потока автотранспорта. Анализ результатов показывает, что вклад в уровень загрязнения атмосферы г. Павлодара выбросами автотранспорта по оксидам азота ( $\text{NO}_x$ ) и углеводородам по всей территории составляет 0,1 ПДК и 0,05 ПДК соответственно, а на отдельных участках, где плотность потока наибольшая - 0,2 ПДК. Наиболее неблагоприятная картина складывается по загрязнению оксидами углерода (СО), когда уровень загрязнения на основной территории составляет 0,5 ПДК, а в отдельных случаях (ул. Камзина, ул. Ак. Сатпаева) достигает 2,0 ПДК.

Поэтому разработка средств контроля и управления качеством окружающей среды, уменьшение загрязнения атмосферы токсичными веществами, выделяемыми автомобильным транспортом является главной задачей.

В результате анализа литературных данных, проведения экспериментальных замеров определена экологическая ситуация в г. Павлодаре, сложившаяся в результате воздействия вредных выбросов автотранспорта. Изучена динамика изменения суммарных выбросов в атмосферу с учетом «вклада» автотранспорта, которая свидетельствует о том, что происходит рост загрязнения атмосферного воздуха по отдельным веществам.

Проведенные исследования показали, что экологическая обстановка в городе на основных автомагистралях и прилегающих к ним дорогам, не достаточно ровная. В течение дня автомобильным транспортом выбрасывается огромное количество вредных веществ загрязняющих не только атмосферу, но и гидросферу с литосферой города Павлодара. И этот вред можно сопоставить с воздействием крупных предприятий региона на экологическую обстановку области. Благодаря метеорологическим условиям и расположению города атмосфера

самоочищается, но необходимо обратить внимание на то, что в весенне-летний период состояние ее всегда ухудшается, и, не принимая необходимых мер, город с каждым годом, будет "задышаться", особенно в теплую, тихую, безветренную погоду.

Оценка состояния окружающей среды, проведенная на основе обработки литературных данных, статистической отчетности предприятий и собственных практических исследований свидетельствует о напряженной экологической обстановке в городе Павлодаре. Установлено, что одним из основных источников загрязнения атмосферы промышленного центра является автотранспорт, вклад которого составляет 40% от суммарного загрязнения города Павлодара. Исследование по загруженности транспортных магистралей города позволили выявить 7 основных из них, произвести распределение автотранспорта по категориям и на основе натурных обследований структуры и интенсивности потока и начать создание банка данных по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. Анализ результатов показывает, что вклад в уровень загрязнения атмосферы города Павлодара выбросами автотранспорта по окислам азота и углеводородам по всей территории составляет 0,1 ПДК и 0,05 ПДК соответственно, а на отдельных участках, где плотность потока наибольшая - 0,2 ПДК. А наиболее неблагоприятная картина складывается по загрязнению оксидами углерода, когда уровень загрязнения на основной территории составляет 0,5 ПДК, а в отдельных случаях (ул. Чокина, ул. Ак. Сатпаева) достигает 2,0 ПДК. Предложен принцип экологического мониторинга, обеспечивающий управление качеством воздушного бассейна, на основании созданных баз данных параметров выбросов загрязняющих веществ автотранспорта. Плата за выбросы загрязняющих веществ представляет собой компенсацию за экономический ущерб от загрязнения окружающей среды, вследствие этого экономическая эффективность возрастет за счет взимания экологического налога, если это распространить и на личный транспорт автовладельцев, а не только взимать налог с автотранспорта природопользователей.

Нельзя прекратить выпуск и эксплуатацию транспорта, как нельзя затормозить прогресс, но можно и нужно разрабатывать мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей среды, не допуская экологической обстановки. Но, рассмотрев проблему с технологической точки зрения можно предложить следующие пути сокращения воздействия автотранспорта на экологию города Павлодара: оптимизация движения городского транспорта; разработка альтернативных энергоисточников; дожигание и очистка органического топлива; создание (модификация) двигателей, использующих альтернативные топлива; а также - повысить культуру эксплуатации автомобилей. Количество неисправных автомобилей, находящихся в эксплуатации до сих пор весьма велико.

#### Список литературы

1. Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. - М.: Транспорт - 1999.
2. Болбас М.М. и др. Основы промышленной экологии: автомобильный транспорт. Изд. Высшая школа. Минск, 1998.
3. Экологическая безопасность транспортных потоков. Под редакцией Дьякова А.Б. Изд. Транспорт. Москва, 2007.

#### Исследование химической кинетики поглощения газового конденсата почвами Омской области

**Жемчужова Е.Ю.**

*Омский государственный технический университет, Россия, г.Омск*

[elena.17.02.83@mail.ru](mailto:elena.17.02.83@mail.ru)

Активное развитие нефтеперерабатывающей промышленности все больше создает проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Нефть и нефтепродукты являются одним из основных и крупномасштабных загрязнителей окружающей среды. Только по официальным данным, в России потери нефти и нефтепродуктов достигают почти 5 млн. т. в год; а в мире при добыче, транспортировке, хранении и использовании теряется около 50 млн. т. нефти и нефтепродуктов ежегодно [9].

Для России проблема ликвидации разливов нефти особенно актуальна, поскольку на ее территории в настоящее время эксплуатируется более 550 тыс. км трубопроводов [5].

Абсолютное большинство аварийных разливов нефти вызывают сильные и во многом необратимые повреждения природных комплексов. Почва, в отличие от атмосферного воздуха, владеет способностью аккумулировать разные загрязнения, которые попадают на нее. При утечках

значительного количества нефти, на начальной стадии происходит вертикальная миграция в глубокие слои почвы, вплоть до грунтовых вод. При таких обстоятельствах концентрация нефтепродуктов в почвах достигает такой величины, при которой начинаются негативные экологические изменения. Углеводороды нефти способны образовывать в процессе трансформации токсичные соединения, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами, что создает угрозу для здоровья человека [5]. На миграцию нефтяных компонентов в почвах влияет большое количество факторов, таких как свойства принимающей среды (климатические условия, водно-термический режим, наличие или отсутствие мерзлоты, тип почвы, влажность почвы на момент загрязнения и особенности ее гранулометрического состава [7]). Именно они определяют скорость продвижения нефти, а вследствие этого – и соотношение процессов испарения и радиальной миграции, возможность применения технических средств для оперативного удаления углеводородов из почв.

Проблеме исследования проницаемости нефти и нефтепродуктов в почву уделяется достаточно много работ [7,2,6,8 и др.], однако Омской области в данных работах не уделено внимание. Особенно, если учесть, что магистральные нефтепроводы пересекают значительную территорию Омской области, почвы разнообразны по составу.

Из выше сказанного, актуальными являются исследования, направленные на изучение поглощающей способности почв относительно нефтепродуктов.

Целью проведенных исследований было определение способности разных почв поглощать нефтепродукты, в частности газовый конденсат.

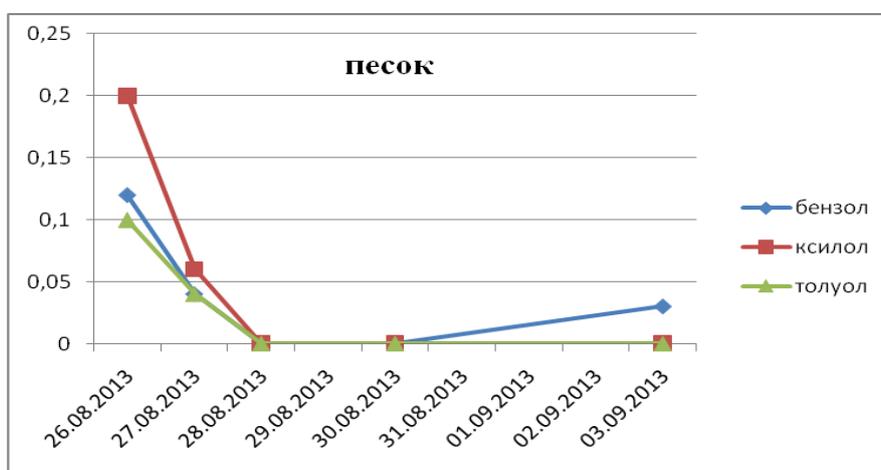
Для изучения кинетики поглощающей способности почв нами предварительно было отобрано три образца почвы, преобладающих на территории Омской области: черноземы обыкновенные, глинистая и песчаная. В качестве нефтепродукта использовали машинное масло класса вязкости 5W40.

К наиболее активным и быстродействующим токсикантам относятся бензол, ксилол, толуол и др. [4].

В связи с этим, было проведено исследование зависимости поглощающей способности почв ксилола, толуола и бензола от времени поглощения и вида почвы.

Для определения данной зависимости использовался геохимический метод, а именно метод с использованием переносных полевых приборов. Преимуществом этого метода является экспрессность как самих работ, так и получаемых результатов, что немаловажно для оперативного принятия мер при ликвидации нефтезагрязнений.

Исследование проводилось при помощи газоанализатора КОЛИОН-1В. Газоанализатор является удобным средством предварительного контроля загрязненности почвы нефтепродуктами и другими органическими веществами с целью определения мест максимальной загрязненности для проотбора и последующего анализа, оценки глубины проникновения загрязнителя в почву и пр. Для этого измеряется содержание загрязнителей в воздухе над поверхностью почвы. Превышение измеренных значений над фоновым указывает на наличие загрязнителя в исследуемой точке.

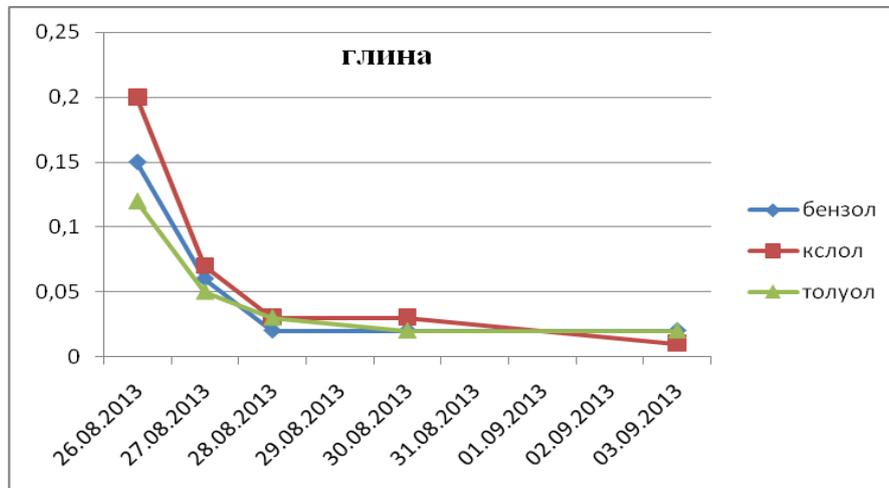
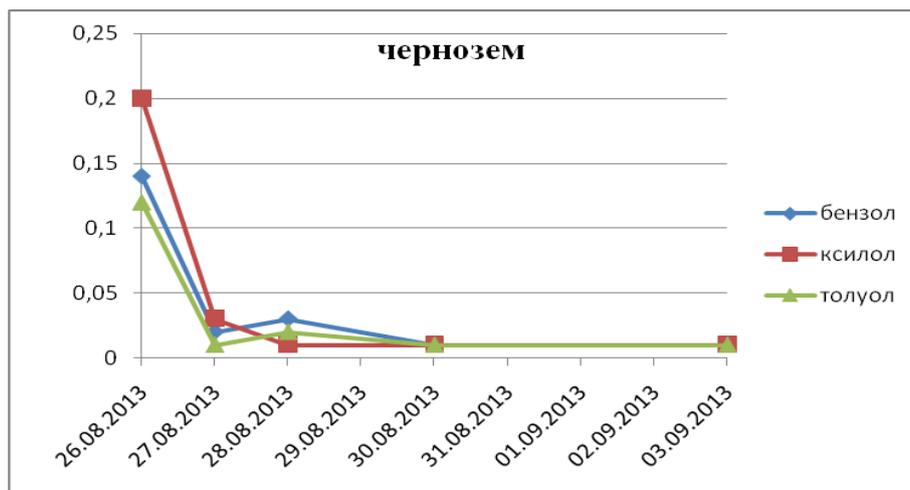


Благодаря быстрдействию прибора обследование даже больших площадей может быть выполнено за короткое время. [10]

На основе полученных результатов построены графические зависимости.

Кинетика поглощения всех видов почв характеризуется постоянной скоростью радиального продвижения в первые моменты от начала эксперимента, с постепенным замедлением поглощения до установленного равновесия [1].

Кинетика поглощения песчаной почвы характеризуется достаточно быстрой радиальной трансформацией нефтепродукта. Тогда, как поглощение глинистой почвы очень медленное. Это подтверждается определенным количеством газового конденсата на поверхности с течением времени в отличии от песчаной почвы.



Таким образом, проведенные исследования показали, что песчаные почвы интенсивно поглощают газовый конденсат. Для проникновения нефтепродукта в глинистую почву требуется в несколько раз больше времени, чем в песчаную. Чернозем занимает промежуточное положение по поглощению газового конденсата.

Следовательно, гранулометрический состав почвы влияет на миграционные процессы нефтепродуктов в ее поверхностные слои.

Эти результаты свидетельствуют, что время реагирования аварийно-спасательных подразделений на аварийные разливы (чтобы предотвратить проникновение нефтепродукта в глубинные слои почвы) будет зависеть от вида и строения почвы.

Для этого необходимо разработать оптимальный методический комплекс для идентификации основных источников загрязнения, а также определения уровня и динамики

техногенного воздействия на окружающую среду. Для полной достоверной информации о перемещении углеводородов необходимо сократить время.

#### Список литературы

1. Бенсон С. Основы химической кинетики: Пер. с англ. 1964.
2. Груздкова Р.Л., Сурнин В.А. Распространение нефтяного загрязнения в почве//Загрязнение почв и сопредельных сред. Труды ин-та экспер. метеорологии М.: Гидрометеоздат. 1990. – Вып. 17 (145).
3. Ю.С. Другов, А.А. Родин Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. Практическое руководство: 2-е изд., переаб. И доп. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 270с.: ил. – (Методы в химии)
4. Исмаилов Н.М. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель /Н.М. Исмаилов, Ю. И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. - С. 222 – 230.
5. Каюкова Г.П., Гарейшина А.З., Егорова К.В. и др. Нефти и нефтепродукты – загрязнители почвы// Химия и технология топлив и масел. 1999. №5. С. 37-43.
6. Лукьянчикова В.М. Закономерности растекания линзы нефтепродуктов по поверхности грунтовых вод // Изучение загрязнения подземных вод на опытно-производственных полигонах. М., ВСЕГИНГЕО, 1990.
7. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: МГУ, 1993. 206с.
8. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах// Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. Под ред. М.А. Глазовской. М.: Наука, 1988.
9. Фомин Г.С. Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов. М.: Изд-во стандартов, 1999. 520с.
10. Руководство по эксплуатации ЯРКГ 2.840.003-01РЭ

#### Анализ годовой энергетической освещенности на основании метеонаблюдений погоды в Душанбе

*Иноятов М.Б., Масуми Ф.Н., У.У. Косимов*  
*loiknstu@mail.ru*

В статье проведен анализ годовой энергетической освещенности на основании метеонаблюдений погоды в Душанбе. Получена наименьшая среднесуточная энергия и максимальная за сутки. Полученные материалы могут быть использованы для расчета солнечных энергоустановок.

Ключевые слова: электроснабжения, солнечные электроэнергетические установки, освещенность, инсоляция.

Во многих регионах Таджикистана, для увеличения охвата территории и увеличения эффективности работы GSM мобильной связи, возникает необходимость установки радиоэлектронного оборудования БС и РРЛ в труднодоступных и удаленных от промышленной электросети местах.

Применение в таких точках генераторов на органическом топливе (дизельное топливо, бензин, сжиженный газ) не решает проблему электроснабжения БС и РРЛ. Это связано с трудностью обеспечения топливом генераторов (с созданием большого запаса топлива в местах установки БС и РРЛ или с его доставкой), с увеличением пожароопасности объектов, большой ценой на топливо (1 литр соляра стоит примерно 1\$) и необходимостью регулярного обслуживания генераторов. Расход дизельного топлива у дизель генераторов (ДГ) составляет 0,4 литра на 1кВт электроэнергии. К тому же, есть такие удалённые точки установки БС и РРЛ, куда доступ в зимнее время не возможен.

Наиболее перспективным способом электроснабжения оборудования БС и РРЛ удалённых точек является использование возобновляемых источников энергии, таких как:

- энергии солнца;
- энергии ветра.

Для солнечной энергии характерно неравномерное её поступление в течении суток: полное отсутствие освещения в ночное время, зато регулярное наличие инсоляции в дневное время. Инсоляция в данной местности зависит не только от времени суток, но и от времени года и облачности.

В отличие от солнечной энергии, энергия ветра может быть использована в любое время суток круглый год, но только при наличии ветра со скоростью  $V_B \geq 4$  м/с.

Завод-изготовитель указывает номинальную мощность ветрогенератора (ВГ) при скорости ветра  $V_n = (8-9)$  м/с. При снижении скорости ветра в 2 раза, вырабатываемая ВГ электроэнергия падает в 8 раз. Следует иметь в виду, что стартовая скорость ветра для лопастных ВГ составляет 2 м/с. Поэтому имеет смысл устанавливать ВГ в тех местах, где средняя за сутки скорость ветра  $V_B \leq 3$  м/с.

Солнечные электроэнергетические установки, при относительно больших начальных капиталовложениях, не требуют затрат на приобретение топлива и эксплуатационные расходы у них меньше, чем у ДГ.

Хотя ВГ имеют стоимость меньшую, чем солнечные электроэнергетические установки при одинаковых номинальных мощностях, использование ВГ ограничено скоростью ветра в данной местности.

#### Исследование инсоляции в Душанбе и в различных регионах Таджикистана.

Вся территория Таджикистана расположена в пределах ( $37^\circ-40^\circ$ ) северной широты.

Азимутальное положение и возвышение солнца над горизонтом для  $40^\circ$  СШ показано на рис 1 [1].

Из рис. 1 видно, что возвышение солнца в полдень над горизонтом.

- в декабре  $30^\circ$ ,
- в июне  $72^\circ$ .

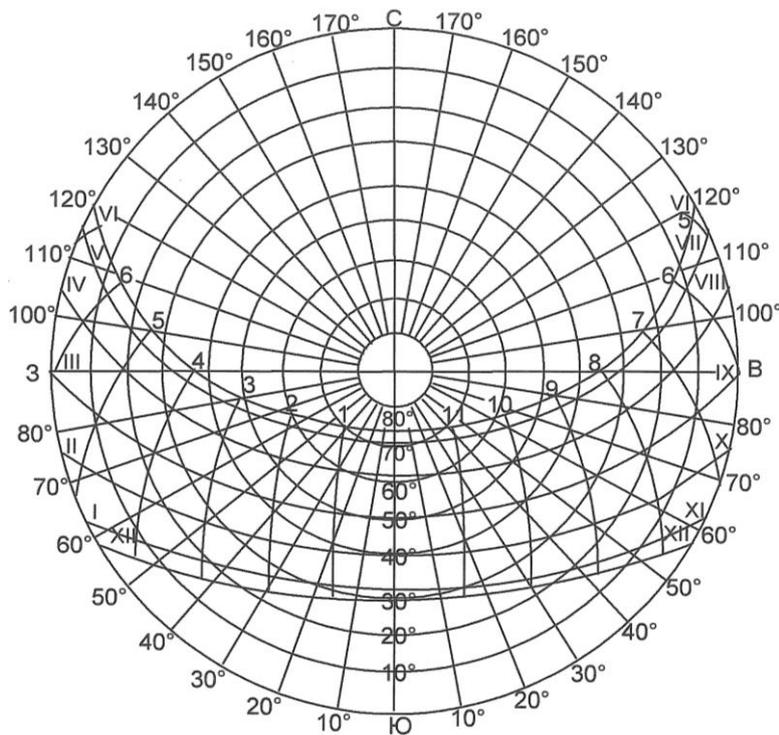


Рис. 1. Возвышение солнца в полдень над горизонтом

Эффективное время освещения солнечных панелей, ориентированных на юг:

- декабрь, январь – 6 часов;
- ноябрь, февраль – 6,5 часов;
- октябрь, март – 7 часов;
- сентябрь, август – 8 часов;
- июнь, июль – 8 часов;
- май, апрель – 8 часов.

Хотя продолжительность светового дня в мае, июне, июле, августе, сентябре больше 10 часов, но солнце утром и вечером находится в северной части полусферы. В связи с этим

эффективное время освещения солнечных панелей, ориентированных на юг не превосходит 8 часов.

Рекомендованное расположение солнечных панелей:

- ориентация на юг;
- угол наклона  $\alpha$  панелей относительно горизонта ( $45^\circ$ - $47^\circ$ ).

При такой ориентации СП потери освещенности зимой в полдень практически отсутствуют, а летом – не превосходят 10%.

Угол наклона СП относительно горизонта  $\alpha=45^\circ$  существенно ослабляет снегозадержание в зимнее время.

Основным погодным фактором, определяющим энергетическую освещенность, является облачность. В ясный солнечный день (вне зависимости от времени года), в эффективный интервал времени освещения СП, поток мощности  $\Phi_{\max} = 1000 \text{ Вт/м}^2$ . Была выведена эмпирическая формула, связывающая энергетическую освещенность со средней за световой день облачностью  $B$ , выраженной в баллах:

$$\Phi(B) = [100 + (1 - B/10) * ] \text{ В/м}^2$$

Рассчитанная по выражению (1) энергетическая освещенность  $\Phi(B)$  от средней за световой день облачностью в приведена в таб. 1

Таблица 1

В баллы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Phi(B)$ $\text{В/м}^2$	1000	910	820	730	640	550	460	370	280	190	100

Здесь:

$B$  – баллы в 10 – бальной системе (0 - 10).

На основании метеонаблюдений погоды в Душанбе [2] за 2009, 2010 годы были получены зависимости среднесуточной энергии, падающей на  $1 \text{ м}^2$ , усредненной за 1 месяц (рис.2, рис.3).

Для сравнения приведена аналогичная зависимость [3] для Сочи ( $43^\circ$  СШ), рис.4., измеренная пиранометром. Несколько большее значение плотности среднесуточной энергии для Сочи в мае – сентябре утром и вечером в северной части полусферы.

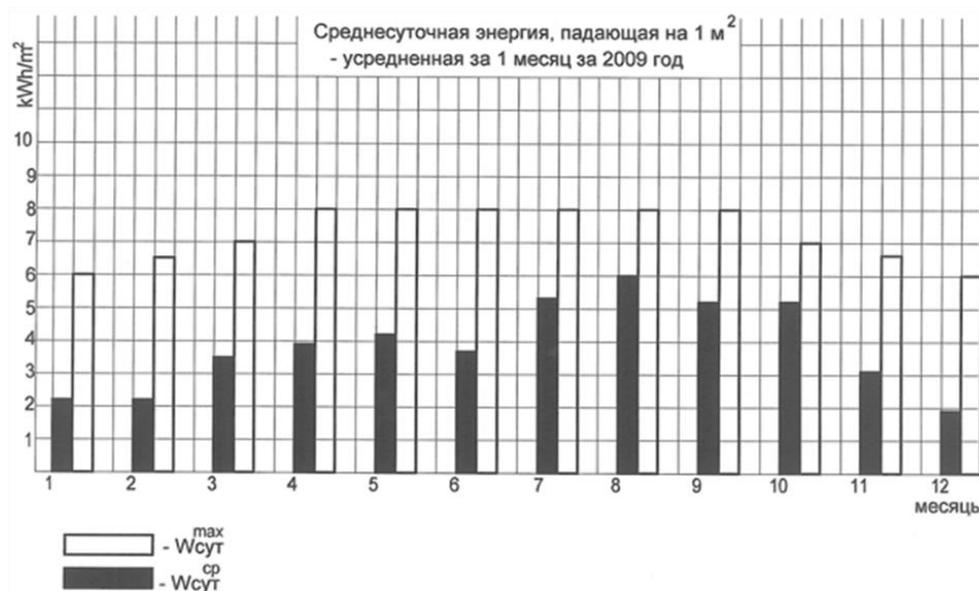


Рис. 2. Среднесуточная энергия, падающая на  $1 \text{ м}^2$  – усредненная за 1 месяц за 2009 год

Из зависимостей, показанных на рис.2 – рис.4, видно, что наименьшая среднесуточная энергия, приведенная к  $1 \text{ м}^2$ , соответствует январю, февралю, декабрю и составляет  $2 \text{ кВтч/м}^2$  за световой день.

Для января и декабря максимальная за сутки плотность энергии  $W_{\text{сут}}^{\max}$  при отсутствии облачности составляет  $W_{\text{сут}}^{\max} = 6 \text{ кВтч/м}^2$ , т.е. в 3 раза больше, чем среднесуточная плотность

энергии, усредненная за месяц с учетом облачности,  $W_{cc}=2 \text{ кВтч/м}^2$  и

$$\frac{W_{cc}^{\max}}{W_{cc}} = \frac{6 \text{ кВтч/м}^2}{2 \text{ кВтч/м}^2} = 3$$

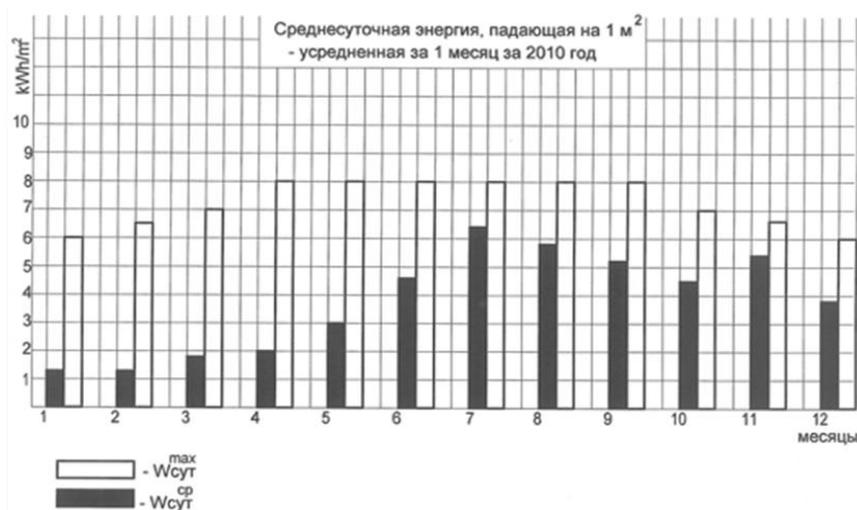


Рис. 3. Среднесуточная энергия, падающая на 1 м² – усредненная за 1 месяц за 2010 год

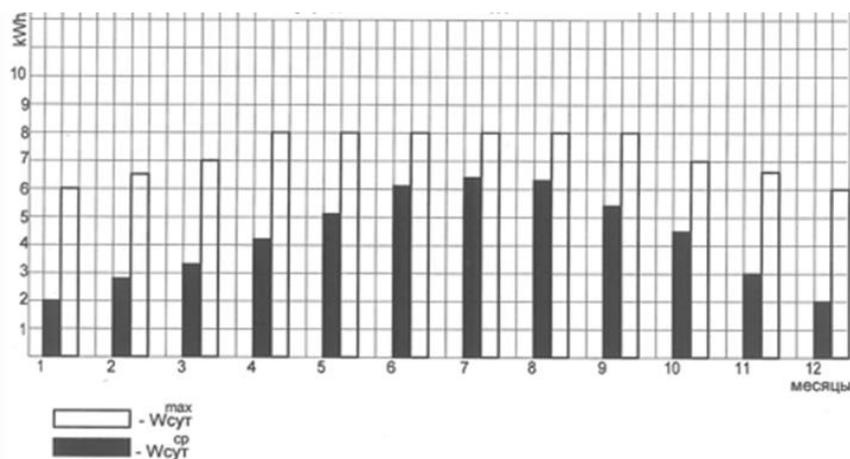


Рис. 4 Среднесуточная энергия, падающая на 1 м² – усредненная за 1 месяц за 2010 год

Полученные материалы могут быть использованы для расчетов солнечных энергетических установок.

#### Список литературы

1. Справочные материалы по строительству зданий с пассивным гелиообогревом, труды инженеров строительной академии КНР, Beijing, 2010
2. Архив погоды Душанбе. Расписание погоды, [http://rp5.tj/archive.php?wmo\\_id=38836&lang=ru](http://rp5.tj/archive.php?wmo_id=38836&lang=ru)

**Аспекты тонкодисперсного аэродинамического распыления**  
**Ишматов А.Н., Елесин В.В.\*, Трубников А.А., Огородников С.П.\***  
 ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск  
 ОАО «ФНПЦ «Алтай», г. Бийск  
[ishmatoff@rambler.ru](mailto:ishmatoff@rambler.ru)

#### Введение

Тонкодисперсное аэродинамическое распыление расплавов и растворов широко применяется для получения субмикронных наноразмерных частиц [1-3]. Применение таких частиц актуально для создания систем эффективной нейтрализации токсичных аэрозолей и газов.

Тонкодисперсное распыление происходит вследствие комплекса действующих факторов, таких как сильная турбулентность, кавитация, аэродинамическое сопротивление и др. [1, 4, 5-7].

Схематически распыление жидкости можно представить в виде (рис. 1).

На основе аналитических соотношений при анализе аэродинамической неустойчивости и дезинтеграции вязких жидкостных пленок в работах [8, 9] предложена формула расчета разбиения плоской жидкостной пленки на струйки:

$$d_L = 0.9614 \cos \theta \left( \frac{h^4 \sigma^2}{\rho_g \rho_L U_f^4} \right)^{1/6} \cdot \left( 1 + 2.6 \mu_L \cos \theta \left( \frac{h^2 \rho_g^4 U_f^7}{72 \rho_L^2 \sigma^5} \right)^{1/3} \right)^{1/5}, \quad (1)$$

где  $d_L$  – диаметр нити (ligament);  $\theta$  – половинчатый угол распыла;  $h$  – толщина жидкостной пленки;  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости;  $\rho_g$  – плотность газа;  $\rho_L$  – плотность жидкости;  $U_f$  – разность скоростей между жидкостью и воздухом;  $\mu_L$  – коэффициент динамической вязкости жидкости.

Жидкостная струйка разбивается на капли диаметром:  $D = 1.89 d_L$  [1].

1 Теоретическая оценка конструкции экспериментального распылителя

Для экспериментального исследования была выбрана стандартная конструкция аэродинамического распылителя (рис. 2). При построении модели расчета распылителя с каналом переменного сечения использовались нестационарные уравнения газовой динамики в частных производных для одномерного случая, выражающие закон сохранения массы (4), количества движения (5), энергии (6). Систему (4-6) замыкает уравнение состояния (7), записанное для внутренней энергии.

$$\frac{\partial \rho_g S}{\partial t} + \frac{\partial \rho_g S U_g}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho_g S U_g}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_g U_g^2 + P)}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho_g S \left( e + \frac{U_g^2}{2} \right)}{\partial t} + \frac{\partial \left[ \rho_g U_g \left( e + \frac{P}{\rho_g} + \frac{U_g^2}{2} \right) \right]}{\partial x} = 0, \quad (6); \quad e = \frac{P}{\rho_g (k-1)}, \quad (7)$$

где  $U_g$ ,  $P$ ,  $e$  – скорость, давление, внутренняя энергия газового потока,  $S$  – площадь сечения канала,  $t$  – время,  $x$  – координата вдоль которой ведется расчет,  $k$  – показатель адиабаты. Граничные условия на входе форсунки рассчитывались, исходя из известной величины давления нагнетающего газа  $P_{in}$  по формулам:

$$\rho_{in} = \frac{P_{in}}{(R_v T)}, \quad (8); \quad G_m = S \cdot P \cdot \sqrt{\frac{k}{R_v \cdot T} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (9); \quad U_{in} = \frac{G}{\rho_m \cdot S_{in}}, \quad (10)$$

где  $R_v$  – газовая постоянная для выбранного типа газа,  $T$  – температура газа,  $G_m$  –

массовый расход газа через сопло,  $S_{in}$  – площадь сечения, через которое газ поступает на вход распылителя. Граничные условия на выходе рассчитываются, исходя из известных параметров торможения на одном из предыдущих узлов, т.к. параметры торможения характеризуют состояния газа в узле при любом процессе [10].

$$P_{out} = P_{11} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (11); \quad \rho_{out} = \rho_{11} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}}, \quad (12); \quad U_{out} = \frac{G}{\rho_{11} \cdot S_{out}}, \quad (13)$$

здесь 11 – узел, который находится перед крайним правым (предпоследний).

Для реализации расчета по уравнениям (4-6) строилась сетка и применялась конечно-разностная схема (14-16), предложенная С.К. Годуновым [11], которая обладает надежностью и устойчивостью при решении подобных задач.

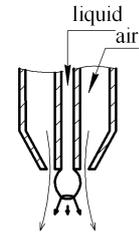


Рис. 1. Схема формирования и разбиения пленки жидкости при аэродинамическом распылении

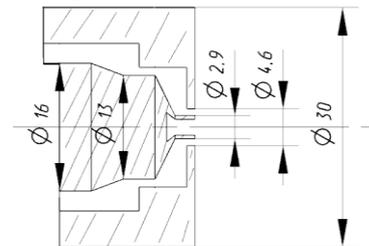


Рис. 2. Схема распылительной головки

$$(\rho_g \cdot S)_i^{j+1} = (\rho_g \cdot S)_i^j - (\tau/l) \cdot (M_i^j - M_{i-1}^j), \quad (14)$$

$$(\rho_g \cdot U_g \cdot S)_i^{j+1} = (\rho_g \cdot U_g \cdot S)_i^j - \frac{\tau}{l} \cdot (I_i^j - I_{i-1}^j) - \frac{\tau \cdot P_i^j}{l} \cdot (S_i^j - S_{i-1}^j), \quad (15)$$

$$\left[ S \cdot \rho_g \cdot \left( \frac{P}{(k-1) \cdot \rho_g} \right) + \frac{U^2}{2} \right]_i^{j+1} = \left[ S \cdot \rho_g \cdot \left( \frac{P}{(k-1) \cdot \rho_g} \right) + \frac{U_g^2}{2} \right]_i^j - \frac{\tau}{l} \cdot (E_i^j - E_{i-1}^j), \quad (16)$$

В конечно-разностной системе уравнений (14-16) введены следующие обозначения:  $i$  – номер узла вдоль оси изделия;  $j$  – номер итерации по времени;  $l$  – размер шага по пространству (длина деленная на количество узлов);  $\tau$  – размер шага по времени, который рассчитывается согласно условию Куранта ( $\tau = K \cdot h / \tilde{n}$ ,  $K$  – число Куранта,  $c$  – скорость звука в газе);  $S$  – площадь сечения в узле  $i$ ;  $M$ ,  $J$ ,  $E$  – потоки массы, импульса и энергии, рассчитываемые по формулам:

$$M = S \cdot \rho'_g \cdot P',$$

$$J = S \cdot (P' + \rho'_g \cdot (U'_g)^2),$$

$$E = S \cdot \left[ \rho'_g \cdot U'_g \cdot P' / ((k-1) \cdot \rho'_g) + U_g'^2 / 2 \right],$$

где  $\rho'_g$ ,  $P'$ ,  $U'_g$  – плотность, давление и скорость на контактном разрыве между двумя соседними узлами сетки, которые рассчитываются согласно методу, предложенному С.К. Годуновым [11].

С помощью приведенной методики численно исследовалась зависимость плотности воздуха в выходном отверстии от давления воздуха, поступающего в изделие, указанные расчетные зависимости приведены на рис. 3.

Также было установлено, что величина скорости потока и объемного расхода при установившемся течении не меняется в зависимости от давления поступающего воздуха. Скорость в сопле ограничена величиной  $\sim 350$  м/с. Расчетный объемный расход воздуха составил  $G_V = 2.46 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Это объясняется тем, что при увеличении давления газа одновременно возрастает плотность и массовый расход газа на пропорциональную величину, таким образом  $G_V = G_m / \rho_{out} = const$ .

## 2 Влияние плотности газового потока на распыление

В эксперименте для распыления использовалась дистиллированная вода, расход жидкости составлял  $\sim 0,003$  кг/с, давление газа на входе варьировалось от 0,2 МПа до 2,0 МПа, что соответствовало изменению плотности газового потока на выходе от 1,4 кг/м<sup>3</sup> до 14,0 кг/м<sup>3</sup> (результаты расчета). Для численного эксперимента, оценка толщины жидкостной пленки проводилась в соответствии с уравнением (17) [12], а также путем численного подбора при обратном решении уравнения (3) при известном среднем диаметре капель (рис. 4). В качестве характеристического использовался средний объемно-поверхностный диаметр D32.

$$h = \frac{1}{2} \left[ d_0 - \left( d_0^2 - \frac{4m_L}{\pi \rho_L U_L} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \quad (17)$$

где  $d_0$  – диаметр выходного отверстия форсунки;  $m_L$  – массовый расход жидкости;  $U_L$  – скорость истечения жидкости. Для измерений применялся лазерный анализатор Malvern Spraytec. В результате проведенной численно-экспериментальной оценки показано, что влияние плотности газового потока (от 3 кг/м<sup>3</sup> до 14 кг/м<sup>3</sup>) на диспергирование жидкости незначительно. В соответствии с проведенной оценкой найдено:  $h \approx 0,15$  мм.

## 3 Влияние скорости газового потока на диспергирование жидкости

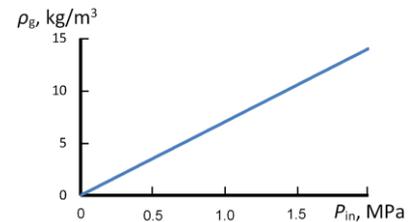


Рис. 3. Зависимость плотности газа в выходном отверстии от входного давления воздуха

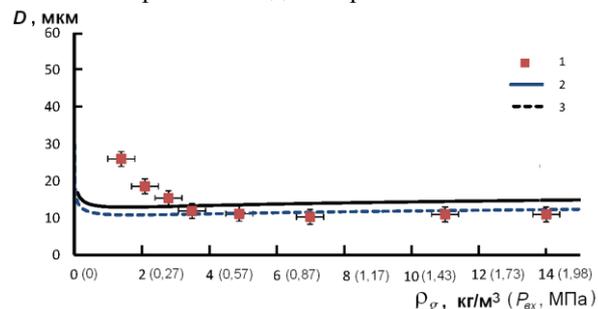


Рис. 4. Влияние плотности газового потока на распыление: 1 – эксперимент; 2 – расчет ( $h=0,19$  мм); 2 – численный подбор ( $h=0,15$  мм)

Для изучения возможностей повышения эффективности распыления, проведена численная оценка влияния параметров обдува (скорости газа) на разбиение плоской жидкостной пленки. В качестве исходных данных брались данные соответствующие выбранной конструкции распылителя, изменение плотности газового потока на распыление не учитывается – плотность постоянная  $\sim 1 \text{ кг/м}^3$ . В результате расчета получена следующая зависимость (рис. 5).

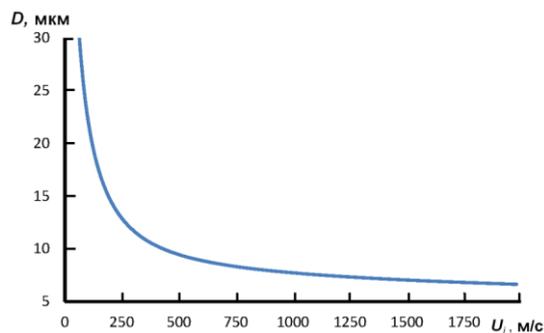


Рис. 5. Влияние скорости обдува на размер формируемых капель

С целью оптимизации распылителя (повышения скоростей обдува) с учетом задаваемых параметров: расход сжатого газа – от  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  до  $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , давление газа на входе в систему  $\sim 0,5\text{--}0,7$  МПа; может быть использована конструкция в виде простейшего сопла Лавала. Серия численных экспериментов показала, что за счет значительного падения давления в критическом сечении до 0,01 МПа, скорость истечения повышается с 354 м/с до 734 м/с, при тех же энергетических затратах. По сравнению со стандартной конструкцией, размер капель уменьшится с 11,26 мкм до 8,24 мкм. Основная проблема реализации обусловлена особенностями проектирования сопла, схемой подачи жидкости [13] и механизмом формирования пленочного течения жидкости.

#### 4 Влияние изменения толщины жидкостной пленки на распыление

Результаты экспериментально-теоретической оценки приведены на рис. 6. Изменение толщины пленки в эксперименте проводилась при изменении расхода жидкости. Соотношение расхода жидкости и толщины пленки проводилось с помощью уравнения (17) при допущении, что скорость течения жидкости в выходном отверстии не зависит от ее массового расхода и равна скорости газового потока ( $\sim 350$  м/с). Экспериментальные данные [14] указывают на то, что наиболее энергоэффективным является генерирование мелких капель в грубом полидисперсном потоке. Работы, частично отраженные в [14, 15], показывают, что применение

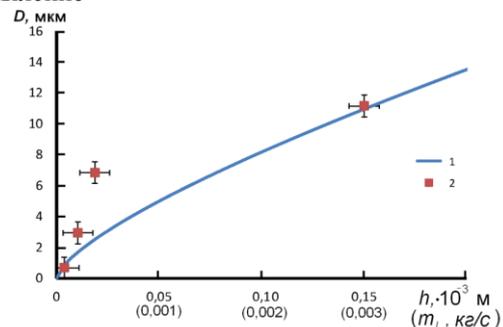


Рис. 6. Влияние толщины жидкостной пленки на размер капель: 1 – расчет; 2 – эксперимент

методов сепарирования капельных потоков, экспериментально подтверждают выдвинутую гипотезу. Результаты работ по экспериментально-теоретическому обоснованию выдвинутой гипотезы будут доступны в печати в ближайшее время.

#### Заключение

Рассмотрены основные аспекты применения аэродинамического метода для тонкодисперсного распыления. В результате численного газодинамического расчета выявлено ограничение на использование конструкции стандартного распылителя, связанное с ограничением скорости истечения газа ( $\sim 350$  м/с), структурой потока и малой эффективностью. Для дальнейшего исследования предложена конструкция распылителя в виде сопла Лавала. Серия численных экспериментов показала, что за счет значительного снижения давления/плотности газа на срезе сопла увеличивается скорость газового потока до 734 м/с, а соответственно и значительно повышается эффективность распыления. Показано, что определяющими параметрами при распылении является толщина распыливаемой пленки и скорость обтекания ее газом. В установленном режиме изменение плотности распыливающего газового потока на срезе сопла не оказывает существенного воздействия на диспергирование жидкости.

#### Список литературы

1. Liu H. Science and Engineering of Droplets: Fundamentals and Applications. – New York: William Andrew Publishing: Noyes, 1999. – 534 p.
2. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И., Архипов В.А. Использование модельного водного раствора

- NaCl при исследовании тонкодисперсного распыления жидкостей // Теплофизика и аэромеханика. – 2013. – Т. 20. – №4. – С.513-524.
3. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И. Метод исследования тонкодисперсного распыления жидкостей // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 3. – С. 653-656.
  4. Lefebvre A.H. Atomization and sprays. – New York: Hemisphere; 1989. – 417 p.
  5. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. – М.: Наука, 1987. – 464 с.
  6. Lienemann H, Shrimpton J, Fernandes E. A study on the aerodynamic instability of attenuating liquid sheets // Experiments in fluids. – 2007. –V. 42. – P. 241-258.
  7. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И., Архипов В.А. Эволюция капель при импульсном формировании аэрозольных сред // Известия вузов. Физика. – 2012. – Т. 55. – №9/3. – С. 51-57.
  8. Dombrowski N, Johns WR. The aerodynamic instability and disintegration of viscous liquid sheets // Chemical Engineering Science. – 1963. – V. 18. – №2. – С. 203-214.
  9. Couto H.S., Bastos-Netto D. Generalized liquid film atomization theory // Journal of Thermal Science. – 2000. – V. 9. – №3. – P. 265-270.
  10. Соркин Р.Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твердом топливе: внутренняя баллистика. – М.:Наука, 1983. – 288 с.
  11. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.:Наука, 1976. – 400 с.
  12. Lefebvre A.H., Wang X.F. Mean drop sizes from pressure-swirl nozzles // J. Prop. Power. – 1987. – V. 3. – №1. – P. 11-18.
  13. Андриюшкин А.Ю. Формирование дисперсных систем сверхзвуковым газодинамическим распылением. БГТУ, 2012. – 396 с.
  14. Ишматов А.Н., Елесин В.В., Трубников А.А., Огородников С.П. Генерация двухфазных газочапельных потоков с заданными характеристиками // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Т.26. – №5. – С. 434-437.
  15. Ishmatov A.N., Elesin V.V., Trubnikov A.A., Ogorodnikov S.P. Generation of Fine Particles with Specified Characteristics // arXiv:1310.3150 [physics.flu-dyn] – 2013.

УДК 665.644.4

**The improvement of the ecological properties of automobile gasoline by the removal of benzene from reforming units**

*Kamzina M.A., Sidorov G.M*

*Ufa State petroleum technological university, Russia, Ufa*

Abstract: In the article the technology of gasoline production based on catalytic reforming and isomerization is analyzed. The investigation has shown that the reduction of the content of benzene in gasoline is achieved by preparation of feedstock of reformat in the stabilization and rectification units. Hydrocarbon C4-C6 is fully utilized as feedstock in order to produce gasoline.

Keywords: gasoline, environmental characteristics of gasoline, reduction of benzene, promotion of environmental properties of petroleum products, process of catalytic reforming.

Catalytic reforming (CR) is one of the basic processes of production of high-octane components of gasoline in most of Russian refineries. In Russia the average of the production capacity of gasoline and the increase of its octane number are associated with the development of the country's car park. In order to increase the high octane number of gasoline, the technology of reforming unit has been improved in terms of increasing the aromatization of gasoline.

The main reactions of hydrocarbons with the catalyst in the reforming unit are dehydrogenation and dehydrocyclization of hydrocarbons, which lead to the accumulation of aromatic compounds in the reforming product with a high octane number. However, these compounds are the most toxic of all the groups of hydrocarbons and during combustion process they can bring out toxic substances with low MPSs. Benzene is particularly dangerous. It is the component of crude oil and is the product of the catalytic reforming unit, it is the most low-boiling aromatic compound and toxic, which can cause leukemia. In overseas studies a linear relationship between the content of benzene in gasoline and its concentration in all kinds of unburnt hydrocarbons (exhaust gases, vapors from the fuel system and refueling the car) has been reported. Benzene is most volatile, slow-burning in engine and the most chemically stable under natural conditions. During the combustion of benzene benzopyrene, which is

considered as the first class of toxicity to the MAC – 0,00001 mg/m<sup>3</sup>, is formed. For every percentage increase of benzene in fuel the content of benzene in the emissions of gases increases by 0,7-0,8%. More than 75% content of benzene enters in the air from the exhaust gases of cars, so the limit content of benzene in gasoline is a direct way to limit its entry in the atmosphere[1].

The modern environmental requirements severely limit the content of aromatic hydrocarbons and benzene in gasoline, so the refineries are forced to find new processes to ensure the necessary octane performance. Nowadays it is impossible to reject reforming unit, since it is the cheapest and the most traditional way of upgrading the straight-run gasoline fractions at 85-180°C. Also, for some refineries, this is the only way to produce hydrogen, which is needed more and more due to the constant growth of capacities in the process of hydrodesulfurization of gasoline and diesel fuels. Since reformat is the key component of gasoline, the change of the its structure can affect its quality.

Decreasing of the content of benzene can be achieved by[2]:

- removing the fractions from the feedstock, which can lead to the forming of benzene;
- replacing the fraction containing benzene with the fraction, which have the similar boiling range and anti-knock characteristics with benzene;
- replacing the traditional reforming catalyst with the catalyst with high isomerization activity.

The second solution to the problem is the most available since this way doesn't require capital investments. The reconstruction of existing catalytic reforming unit associates with the physical deterioration of the equipment, the appearance of new catalysts and technologies. The major reconstruction work relates to[3]:

- 1) the replacement of obsolete catalyst;
- 2) the improvement of the heat exchange process in the reaction units of reforming hydrotreatment;
- 3) additional purification of feedstock;
- 4) the reduction of harmful emissions and the application of environmental measures;
- 5) bringing the reaction unit to the applicable laws and rules;
- 6) application of the process into an automated process control system.

Nowadays, every plant faces one and the same problem of the production of gasoline that combines the renovation of the existing catalytic reforming units, construction of new facilities of isomerization, alkylation, catalytic cracking, in order to meet the current environmental standards.

#### Literature

1. Марышев В.Б., Можайко В.Н., Сорокин И.И. Удаление бензола из продуктов риформинга. Катализатор и процесс гидроизомеризации бензола // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – №9. – С. 9-10.
2. Бакалейник А.М. Влияние качества бензинов на величину загрязняющих выбросов автомобилей // ЭКиП: Экология и промышленность России. – 2006. – №7. – С. 29-31.
3. Кононова В.Л. Реконструкция установок каталитического риформинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – №5. – С. 27-31.

#### Системы дистанционного управления судовым главным двигателем

*Ким А.Я., Медведев Н.А., Алферьев И.С., Федюк Р.С., Миронов К.К.*

*Дальневосточный федеральный университет, Россия, Владивосток*

[captainvmf@yandex.ru](mailto:captainvmf@yandex.ru)

Система ДАУР-40 предназначена для автоматического регулирования частоты вращения и дистанционного управления дизель-редукторным агрегатом с дизелем М480 (6ЧН18/22) производства ОАО «Звезда», используемым в качестве главного судового двигателя (ГД) на судах со знаком автоматизации А2 и А3 в символе класса судна, работающим на водомет и оснащенного разобширительной муфтой. Система соответствует правилам Российского Морского Регистра судоходства и ГОСТ 18174-83. Основная цель системы – уменьшение трудозатрат судовой команды по управлению судном и повышение безопасной эксплуатации ГД при маневрировании, а также минимальная нагрузка оператора (штурмана) на мостике и освобождение вахтенного механика от постоянного пребывания у поста управления ГД.

Современные системы дистанционного автоматизированного управления судовым двигателем (ДАУ), содержащие датчик плавной регулировки оборотов, последовательно соединенные датчик фиксированных команд, сумматор, усилитель, переключающее устройство, исполнительный механизм и регулятор скорости, выход которого подключен ко входу двигателя,

датчик перегрузки, входы которого соответственно через датчик скорости и датчик положения топливрегулирующего органа подключены к выходам двигателя, программное устройство, входы которого соединены с выходами соответственно датчика скорости и датчика фиксированных команд, а выходы - с входами переключающего устройства и устройства пуск-реверса, выход которого соединен с другим входом двигателя, выход исполнительного механизма соединен с входом сумматора [1-2].

Известные системы ДАУ имеют не менее двух программ управления, которые определяют различные условия пуска. Как пуск, так и пуск с реверсом осуществляется по двум уровням: нормальному или повышенному. На нормальном и повышенном уровнях различными являются число оборотов начала реверсирования, число оборотов конца пуска и величина пусковой подачи топлива (а для двигателей с раздельным пуском - величина послепусковой подачи топлива).

На первой (основной) программе управления в известных системах пуск осуществляется следующим образом: первая попытка пуска проходит на нормальном уровне, а последующие (если первая попытка была неудачной) - на повышенном [3-4].

Система управления состоит из блока управления (рис. 1), выносного поста управления, местного щитка управления (рис. 2), датчиков и исполнительных органов.



Рис. 1. Блок управления



Рис. 2. Местный щиток управления

Блок управления осуществляет контроль и предупредительную сигнализацию на светодиодах желтого цвета в мигающем режиме с одновременным включением прерывистого звукового сигнала по следующим параметрам:

- Понижение давления масла дизеля – при размыкании контактов датчика – реле давления (150 кПа);
- Повышение температуры воды – при замыкании контактов датчика – реле температуры (95 °С);
- Повышение температуры масла – при замыкании контактов датчика – реле температуры (100 °С);
- Понижение уровня охлаждающей жидкости - при замыкании контактов датчика уровня;
- Утечка топлива - при замыкании контактов датчика утечки топлива;
- Повышение температуры масла реверс-редуктора - при замыкании контактов датчика температуры;
- Понижение давления масла реверс-редуктора - при замыкании контактов датчика давления.

Блок управления обеспечивает цифровую индикацию частоты вращения дизеля с возможностью программирования показаний (калибровки) в составе дизельной установки в пределах  $\pm 300$  об/мин с точностью  $\pm 5$  об/мин.

Блок управления обеспечивает аварийно-предупредительную сигнализацию и защиту по давлению масла с программируемой задержкой по срабатыванию контактного датчика в пределах от 1 до 15 с.

В блоке управления предусмотрена защита от ложных срабатываний из-за кратковременных изменений параметров, обусловленных качкой судна, включением и отключением судовой техники путем введения задержки по срабатыванию контактных датчиков от 1 до 2 с.

Система управления обеспечивает ручной (с местного щитка управления) и дистанционный (с выносного поста управления) пуск и останов дизеля.

#### Список литературы

1. Бусыгин В.П. Методические указания к выполнению курсового проекта « Система ДАУ главными судовыми дизелями». – СПб: ГМА С.О. Макарова, 2003.
2. Онасенко В.С. Судовая автоматика» М.: Транспорт, 1988
3. Сыромятников В.Ф. Основы автоматики и комплексная автоматизация судовых парозенергетических установок. - М.: Транспорт, 1983
4. Канне А.Б., Скобцов Е. А. Реверсивные устройства судовых дизелей, 1965.

#### Влияние температурных вариаций на магнитные измерения

*Ковалев А.А., Белинская А.Ю., Грехов О.М., Федотова О.И.*

*Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, Россия, г. Новосибирск*

[heinekens@list.ru](mailto:heinekens@list.ru)

Наблюдение за состоянием магнитного поля Земли является одной из важных составляющих мониторинга окружающей среды. Наблюдения электромагнитного поля Земли на геофизических обсерваториях предусматривают изучение его изменений от вековых вариаций до миллисекундных колебаний, что позволяет получить информацию об эволюции, строении и современном состоянии, как твердой Земли, так и ее газоплазменных оболочек. При этом магнитное поле Земли является также одним из звеньев солнечно-земных связей. Совокупность явлений, происходящих в земной атмосфере вследствие солнечных вспышек, предопределяется также возмущениями магнитного поля. Актуальность оперативной информации о состоянии геомагнитного поля в широком диапазоне частот связана с развитием навигационных средств, качеством прогнозов солнечной погоды, уровнем диагностики медико-биологических проявлений солнечной активности.

Изменения температуры могут оказывать влияние на точность магнитных измерений [1]. Такая проблема возникает на обсерваториях в зонах с экстремальными климатическими условиями и при ограниченном энергоснабжении.

Новосибирская Геофизическая обсерватория "Ключи" расположена в регионе с резко-континентальным климатом, температура воздуха летом достигает +40 °С, зимой опускается ниже -40 °С [2]. В вариационном магнитном павильоне установлена система терморегуляции, но она недостаточно стабильна. Для контроля температуры нами разработана многоканальная цифровая система, в которой используются датчики DS1820. В апреле 2012 года начаты регулярные измерения температуры шестью датчиками внутри магнитного павильона и датчиком на улице. На основе полученных данных нами проведен анализ температурных изменений и оценено влияние их на магнитные измерения.

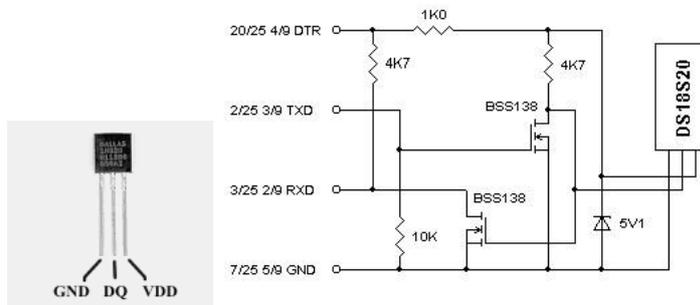


Рис. 1. Внешний вид датчика температуры DS1820 и схема адаптера.

Микросхема датчика температуры DS1820, выпускаемая фирмой Dallas Semiconductor, обеспечивает измерение температуры в диапазоне  $-55...+125$  °С с дискретностью 0,5 °С [3]. С

помощью специальных вычислений дискретность представления температуры можно уменьшить до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Для подключения датчиков к *PC* через *SOM*-порт используется адаптер, выполненный по схеме (см. рис.1).

Вариационный магнитный павильон представляет собой типовое здание из силикатного кирпича, в котором из досок оборудована внутренняя изолированная камера (стены и потолок) с четырьмя постаментами (см. рис.2). В простенке установлено два регулируемых и три нерегулируемых немагнитных спиральных нагревателя. Термометр системы терморегуляции расположен на западной стене внутри термокамеры на высоте около 1,5 м, управляющая и силовая электроника находится в техническом павильоне, температура внутри камеры поддерживается на уровне  $+20^{\circ}\text{C}$  с колебаниями в точке управляющего термометра до  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

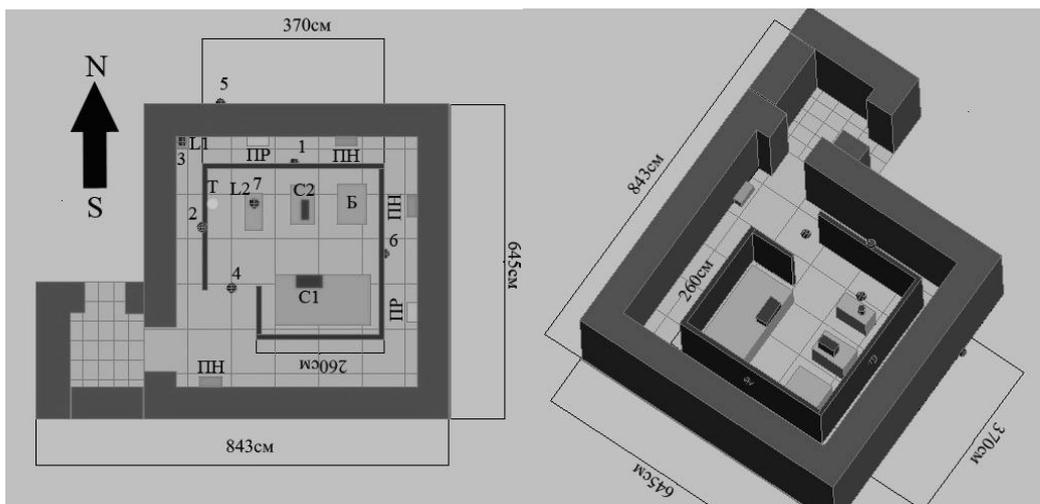


Рис.2. Схема вариационного павильона. 1,2,3,4,5,6,7 - термодатчики DS1820, L1,L2 – блок электроники и датчики LEMI-008, C1,C2 – электроника и датчики ЦМВС, Б – датчики аналоговой серии Боброва, Т – термометр системы терморегулирования.

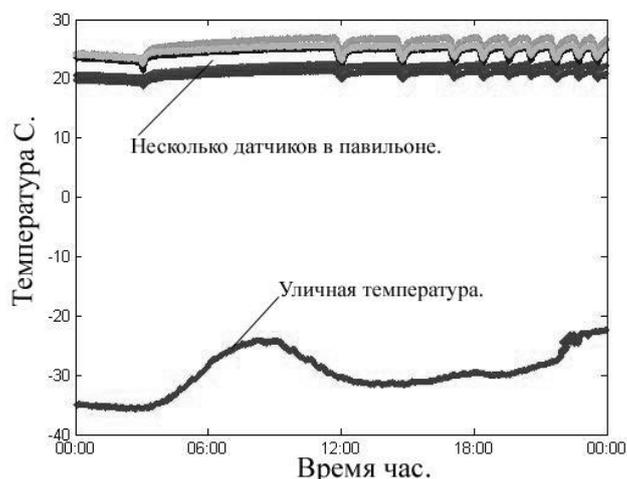


Рис.3. График изменения температуры в вариационном павильоне и на улице.

В период с апреля 2012 по ноябрь 2013 велись наблюдения с помощью разработанной системы контроля. Температура в вариационном павильоне оказалась самой не стабильной в зимний период. Изменение температуры за 9 января 2013 года приведены на рис.3, в течение этих суток внутри павильона на аппаратуре были зафиксированы: минимальное значение температуры  $+19,94^{\circ}\text{C}$  и максимальное  $+22,38^{\circ}\text{C}$ . В 11:30UT наблюдалось резкое понижение температуры с последующим ее восстановлением до среднего значения.

Для оценки влияния температурных вариаций на точность магнитных измерений мы рассмотрели ряды измерений компоненты  $F$ , полученные разными приборами:  $L$  – для LEMI-008,  $K$  – КВАРЦ-09,  $P$  – POS.  $T$  – ряд значений температуры, полученные датчиками DS1820. На рис. 4 показаны минутные графики вариаций  $L$ ,  $K$  и  $P$  за 09.01.2013. Как видно, в 11:30UT наблюдалась волна, по времени совпадающая с моментом температурного перепада.

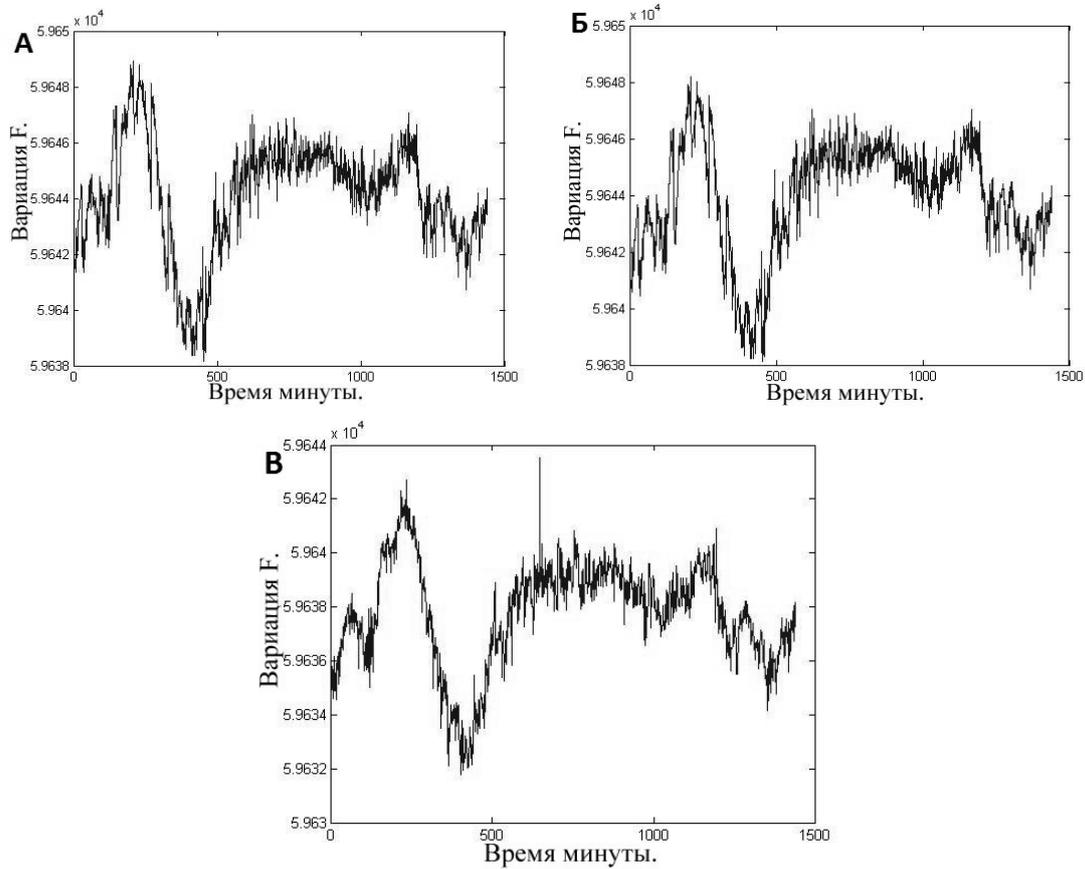


Рис.4. Графики А)  $L$ , Б)  $K$  и В)  $P$  минутные данные за 9.01.13.

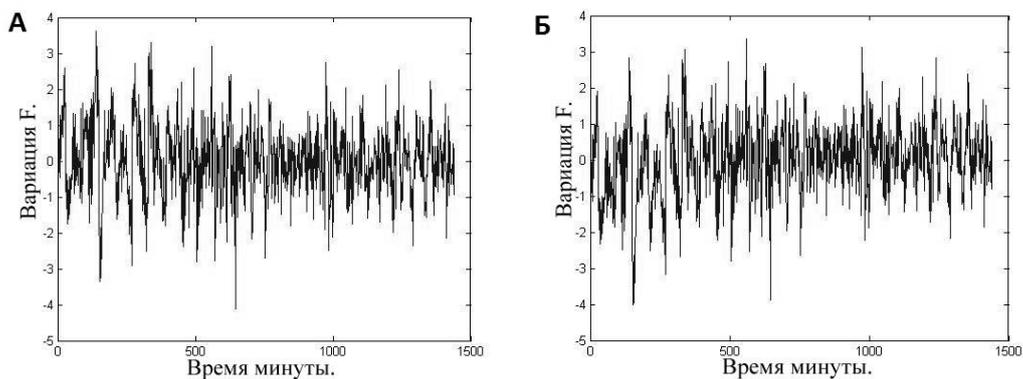


Рис.6. График минутных вариаций  $(\Delta L - \Delta P)$  и  $(\Delta K - \Delta P)$  за 09.01.2013.

Для дальнейшего исследования мы использовали отклонения от среднесуточного значения величин  $\Delta T$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta K$  и  $\Delta P$ . Как известно, температура не влияет на протонный магнитометр POS [4], поэтому мы анализировали разницу  $\Delta L$  и  $\Delta P$ ,  $\Delta K$  и  $\Delta P$  за 9 января 2013 года. На рис.6 видно, что значения  $(\Delta L - \Delta P)$  и  $(\Delta K - \Delta P)$  имеют сходный характер. Выбросов в 11:30UT не наблюдается,

т.е. мы можем предположить, что вариации компоненты  $F$  магнитного поля не зависят от температуры. Коэффициент корреляции ( $\Delta L - \Delta P$ ) и  $\Delta T$  составляет  $-0,1314$ . Коэффициент корреляции ( $\Delta K - \Delta P$ ) и  $\Delta T$  составляет  $0,2$ .

Проведенный анализ показал, что влияние скачков температуры на измерения компоненты  $F$  магнитного поля минимально. Поэтому в наших условиях температурной относительной стабильности нет необходимости делать дополнительную поправку на температуру.

#### Список литературы

1. Jankowski J., Sucksdorff C. Guide for magnetic measurements and observatory practice. – Warsaw, 1996, 235 p.
2. Хомутов С.Ю., Павлов А.Ф., Федотова О.И. Температурные эффекты в магнитных измерениях, выполняемых на Геофизической обсерватории "Ключи", Новосибирск // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Матер. конф., Екатеринбург, 12-17 сент. 2011. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – с.388-391.
3. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
4. Руководство по эксплуатации РЭПОС-1. – Екатеринбург: УГТУ МО РФ, 2001.- 41с.

#### Слаботочная судовая сигнализация

**Комардин Д.В., Федюк Р.С., Будько Р.Н.**

Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток

[m3104\\_m@mail.ru](mailto:m3104_m@mail.ru)

Судовая сигнализация подразделяется на пожарную, авральную и обиходную. На теплоходах применяется автоматическая пожарная сигнализация, предназначенная для подачи сигнала тревоги в ходовую рубку в случае возникновения пожара или недопустимого превышения температуры воздуха в помещениях судна. Необходимость пожарной сигнализации на грузовых и буксирных судах объясняется отсутствием постоянной вахты в машинном отделении. Сигнал тревоги «Пожар» включается с помощью пожарных извещателей, которые могут быть ручного действия (кнопочные выключатели) и автоматические (тепловые, дымовые и комбинированные) [1].

На щите пожарной сигнализации (ЩПС) выключатели  $S1$ ,  $S2$  должны быть постоянно включены (рис. 1). Так как контакты пожарных извещателей при нормальной температуре замкнуты, ток проходит через катушку реле  $K1$ , однополюсный выключатель  $S1$  и контакты всех извещателей, соединенных последовательно. Реле  $K1$  срабатывает и размыкает свои контакты в цепях сигнальной лампы  $H1$  и звонка  $H2$ .

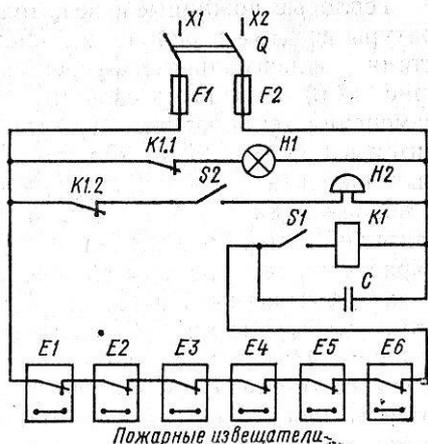


Рис. 1. Электрическая схема пожарной сигнализации

Схема находится под напряжением и постоянно готова к действию. При повышении температуры воздуха в машинном отделении до  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  один или несколько извещателей, находящихся наиболее близко от очага повышенной температуры, срабатывают. Размыкается цепь питания катушки реле  $K1$  на ЩПС. Реле обесточивается и замыкает свои контакты в цепях питания сигнальной лампы и звонка. Лампа включается, а звонок звонит. Подача сигнала «Пожар» продолжается до тех пор, пока температура воздуха в машинном отделении не станет ниже  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и извещатель снова не замкнет свои контакты в цепи катушки реле  $K1$ .

Для снятия звукового сигнала на ЩПС установлен выключатель  $S2$ .

Наличие в схеме питания и исправность реле, звонка и лампы проверяют размыканием выключателя  $S1$  цепи катушки реле. При выключении катушки реле  $K1$  его контакты замыкаются и подается сигнал «Пожар», как и в случае автоматического срабатывания пожарных извещателей [2].

Конденсатор  $C$  предназначен для защиты от ложных срабатываний извещателя в условиях повышенной вибрации корпуса судна. При размыкании контактов извещателей реле

кратковременно остается включенным из-за тока разряда конденсатора. Конденсаторы подобного назначения обычно встроены в извещатели.

Аварийная сигнализация служит для подачи сигналов при проведении авральных работ и аварийной ситуации. На пассажирских судах она разбивается на две группы — для экипажа и пассажиров. Авральную сигнализацию включают из рубки. Колокола авральной сигнализации размещают в машинном отделении, коридорах, на наружных стенках надстроек. В шумных помещениях дополнительно устанавливают сигнальную лампу. Авральная сигнализация питается от аварийной аккумуляторной или отдельной батареи. Емкость батареи должна соответствовать работе сигнализации в течение 15 мин.

Обиходная сигнализация предназначена для вызова дежурного или обслуживающего персонала при помощи электрических звонков с нумераторами, определяющими, откуда произведен вызов. Для этого в помещениях устанавливают кнопки вызова, а в дежурном помещении — нумератор с электрическим звонком. Система обиходной сигнализации получает питание от судовой сети или от аккумуляторной батареи.

Основными приборами судовой электрической сигнализации являются электрические звонки, трещотки, ревуны, сигнальные лампы и нумераторы.

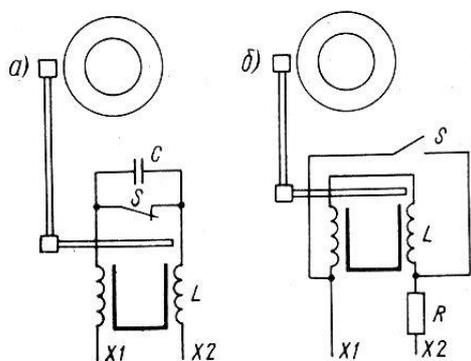


Рис. 2. Схемы электрических звонков

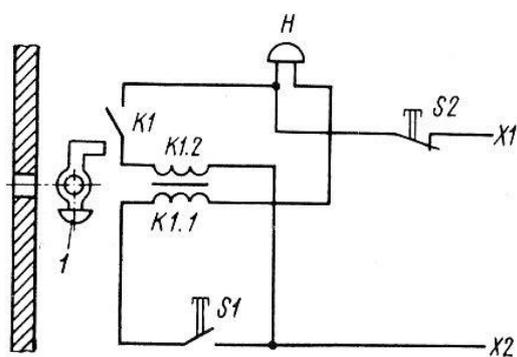


Рис. 3. Схема бленкера

Электрические звонки бывают двух типов: работающие на «обрыв» цепи (типа ЗВОФ) и на короткое замыкание (типа ЗВКФ). На рис. 2 представлены схемы включения звонков обоих типов. При работе на обрыв (рис. 2, а) контакт прерывателя 5 разрывает цепь электромагнита L звонка при притягивании якоря и опять замыкает его на возврате якоря в исходное положение. Для улучшения коммутации параллельно прерывателю включен конденсатор С. В звонке, работающем на короткое замыкание (рис. 2, б), при притягивании якоря катушки электромагнита шунтируются контактом прерывателя. Цепь питания при этом замыкается накоротко. Вследствие этого звонки на короткое замыкание можно включать только последовательно с каким-либо резистором или сигнальной лампой.

Ревуны и трещотки устроены так же, как и звонки. Ревущий звук получается в результате частых ударов бойка о мембрану. Для усиления звука применяется рупор. У трещотки частота ударов бойка о мембрану меньше, чем у ревуна. Это достигается насадкой медных гильз на сердечник электромагнитов.

Нумератор — прибор в виде ящика с рядом окошек на передней стенке. Число окошек соответствует числу кнопок вызова. Внутри прибора против каждого окошка устанавливается специальное электромагнитное реле-бленкер (рис. 3).

При нажатии кнопки вызова S1 по рабочей обмотке реле K 1.1 пойдет ток, якорь притянется и замкнет контакт K1 удерживающей обмотки K1.2. Последняя получит питание, и при отпускании кнопки якорь останется притянутым к сердечнику. Звонок Н звонит до тех пор, пока не будет отпущена кнопка S1. К якорю прикреплена алюминиевая полусфера 1, которая при его притяжении закрывает окошко. По номеру на полусфере определяют, откуда поступил вызов. Сигнал в окошке будет сохраняться до тех пор, пока дежурный не нажмет кнопку S2. При этом разрывается цепь питания удерживающей обмотки K1-2, и под действием пружины якорь возвращается в исходное положение, окошко освобождается.

#### Список литературы

1. Полянский В.Ф., Попов А.В. Электрооборудование судов и предприятий. - М.: Транспорт, 1989
2. Судовые электроустановки и их автоматизация / К.Т. Витюк, П.И. Гриценко, П.К. Коробов, В.В. Тихонов. -М.: Транспорт, 1986. - 448 с.

**Защита и эффективное использование геологического наследия России***Е.Д. Корф**Томский научный центр**Институт мониторинга климатических и экологических систем*[korf-kat@mail.ru](mailto:korf-kat@mail.ru)

Проблеме сохранения и использования геологического наследия отводится немало внимания в России и за рубежом со второй половины двадцатого века. Особое внимание данной теме уделено в работах Лапо А.В., Вдовец М.С., а также Рубана Д.А. Однако, несмотря на интерес к данной теме, она нет четких критериев выявления геологических памятников природы, нет концепции сохранения и использования геологического наследия, нет природных территорий, которые позволили бы это сделать в соответствии с принципами устойчивого развития. [1-5].

Согласно [6], геологический памятник природы - уникальный объект (комплекс взаимосвязанных объектов) естественного происхождения или участок, наиболее полно и наглядно для данной местности характеризующий протекание геологических процессов и их результаты, представляющий научную ценность, доступный для непосредственного наблюдения и изучения.

В настоящее время в Российской Федерации существуют особо охраняемые природные территории. Особо охраняемые природные территории – это участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны [6].

В частности к ним относятся:

Государственные природные заповедники (в том числе биосферные)

Национальные парки

Природные парки

Государственные природные заказники

Памятники природы

Дендрологические парки и ботанические сады

Лечебно-оздоровительные местности и курорты

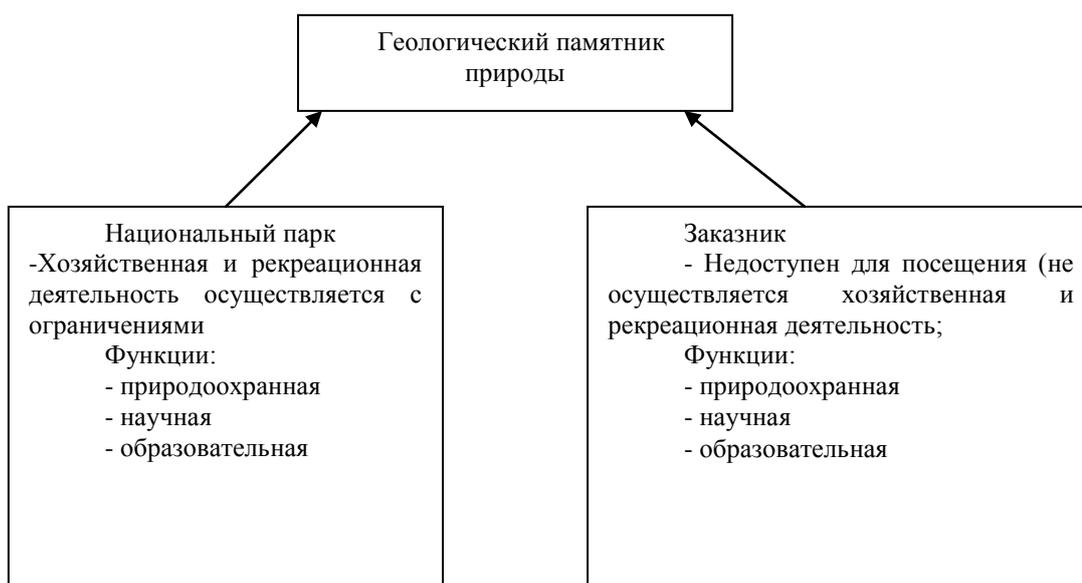
Особо охраняемые природные территории относятся к объектам общенационального достояния. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации осуществляет государственное управление в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий федерального значения.

Место геологического памятника природы в системе особо охраняемых природных территорий Российской Федерации можно увидеть на рисунке 1.

Геологический памятник природы может входить в состав национальных парков и заказников, однако, и в том и в другом случае особо охраняемые природные территории, безусловно, способны сохранить геологическое наследие территории, но не предусмотрено их эффективное использование, учитывающее эколого-просветительскую деятельность для населения, развитие геотуризма, рациональное использование информационных качеств недр земли (научных, эстетических, познавательных, культурных).

Геопарк – это территория, геологическое наследие которой является частью концепции защиты, образования и устойчивого развития данной территории.

Геопарк принципиально отличается от всех существующих на территории Российской Федерации ООПТ тем, что его образование происходит благодаря волонтерскому движению (это может быть инициатива бизнеса или научных учреждений), он не имеет юридического лица и административных границ, ведение хозяйственной и рекреационной деятельности на территории геопарка активно осуществляется.



**Рис. 1.** Геологический памятник природы в системе особо охраняемых природных территорий.

Помочь не только сохранить геологические памятники природы, но и рационально их использовать может развитие в России движения по созданию геопарков по программе ЮНЕСКО [7].

Итак, объектами охраны геопарка являются исключительно объекты геологического наследия и геологические памятники природы, да в национальных парках и заказниках тоже могут быть такие же объекты охраны, но в геопарках эти объекты являются основными и геопарк может быть создан только на территории богатой такими объектами.

Возможность создания геопарка на той или иной территории, прежде всего, определяется совокупностью уникальных геологических объектов в пределах данной территории, то есть геологическим наследием. Однако, простой концентрации геологических объектов тоже недостаточно. Для того чтобы территория вызвала интерес науки, образования, туризма необходимо, чтобы объекты геологического наследия характеризовались георазнообразием и уникальностью отдельных объектов. Кроме того, территория должна быть интересна и с негеологической точки зрения: этническими особенностями, культурой населения, биоразнообразием, историческим прошлым.

Функции геопарка [8]:

Природоохранная.

Образовательная и научная: геопарки распространяют научные знания, культурную и природоохранную концепции, также геопарк – это площадка для обмена научными знаниями, стимуляции научных исследований

Функция экономического роста: одной из главных целей деятельности геопарка является стимулирование экономического роста в рамках концепции устойчивого развития, а именно жизнь людей стремится быть в гармонии с природой, деятельность людей не наносит ущерба окружающей среде, окружающая среда – неотъемлемая часть развития территории.

Международная: при создании геопарка по программе ЮНЕСКО он автоматически входит в состав глобальной сети геопарков, а значит интерес всего мира будет обращен к территории геопарка.

Геопарки и геотуризм – это одно из направлений в охране природы и в туризме. Провозглашение курса на полноценный учет георазнообразия – вот главное в этом направлении, которое может сопутствовать историко-культурному, этнографическому, биосферному, спортивному туризму или быть самостоятельным. [9-12].

Геотуризм является разновидностью экологического туризма.

В пределах некоторых действующих заповедников и национальных парков также могут быть выделены участки, отвечающие по своей направленности геопаркам.

Геотуризм – это, по существу, специфический способ недропользования, при котором ресурсы недр остаются нетронутыми – ведь используются только их информационные качества (эстетические, познавательные, научные, культурные).

Геопарк – это уникальный инструмент, позволяющий стимулировать экономический рост региона (развитие малого бизнеса, привлечение инвестиций, развитие туристской отрасли, увеличение количества рабочих мест) с минимальным ущербом природе региона

В России необходимо создавать геопарки, которые помогут сохранить геологическое наследия, просветить население об уникальных природных объектах, об истории планеты, а также помогут экономическому развитию некоторых субъектов федерации.

#### Список литературы

1. Рубан Д.А. Геоконсервация как метод сохранения геологического наследия России//Отечественная геология. – 2006. - № 2. – С. 78-81.
2. Лапо А.В. Состояние проблемы изучения и сохранения объектов геологического наследия России//Материалы научно-практической конференции «Проблемы борьбы с проведением незаконных раскопок и незаконным оборотом предметов археологии, минералогии и палеонтологии». - Красноярск, 2001. - С. 103-108.
3. Лапо А.В. Исследования по инвентаризации объектов геологического наследия и организации их охраны//Геолком-ВСЕГЕИ в развитии геологической службы и укреплении минерально-сырьевой базы России. 1882-2002. - СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. - С. 335-337.
4. Лапо А.В., Вдовец М.С. Проблема сохранения геологического наследия России//Отечест. геология - 1996. - № 9. - С. 6-12.
5. Потемкин Л.А. Полнее сохранить геологические памятники природы//Советская геология. - 1981. - № 10. - С. 121-126.
6. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14 марта 1995 № 33-ФЗ
7. Рубан Д.А. Уникальные центры георазнообразия - основа для создания национальных геопарков//Отечественная геология. - 2010. - № 4. - С. 77-80
8. Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geopark Network: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2010. – p. 2-8

#### Перспективы переработки и использования отходов энергетической деятельности

*Кравченко А.В.*

*Доцент Новосибирского Государственного Технического Университета  
kavenco@yandex.ru*

В последнее время всё большую популярность набирают бизнес-идеи, основанные на переработке различных видов отходов, - твёрдых бытовых, промышленных, медицинских, опасных и других. Такие идеи находят своё применение и в энергетике, где особенно остро стоит вопрос хранения и переработки золошлаковых отходов (далее ЗШО) деятельности ТЭС.

На энергопредприятиях по всему миру реализуются проекты по переработке ЗШО. Ведутся исследования, внедряются новые технологии, создаются дочерние компании, служащие переходным звеном между энергетическими и строительными компаниями (например, Вау Mineral (ВМ) - дочерняя фирма немецкой энергосистемы). К сожалению, в России система использования золошлаковых отходов практически не развита. Уровень утилизации, переработки и использования золошлаковых отходов в России ничтожно мал (в последние 10 лет он колеблется от 3 до 14%).

Принципиальная идеологическая разница: в развитых странах золошлаки называются побочным продуктом ТЭС и электростанции осуществляют предпродажную подготовку продукта, доводя ее характеристики до требований официальных строительных нормативных документов. В России золошлаки официально называют отходами, и электростанции предлагают потребителям именно отходы, а не технологически доработанный продукт с соответствием его характеристик требованиям строительных нормативных документов.

В настоящее время основная масса ЗШО применяются в строительной отрасли для производства цемента, бетона, кирпича, шлакоблоков, легких заполнителей, рубероида, керамзита и др. строительных материалов. Помимо этого золошлаки находят применение в сооружении дамб, строительстве и ремонте дорог. В результате использования ЗШО потребление цемента снижается на 30%, природных заполнителей (песка, щебня) – более чем на 50%. Зола находит

свое применение и в сельском хозяйстве. Золошлаковые материалы применяют для улучшения текстуры почв, изменения их плотности, увеличения влажного замещения, нейтрализации кислотности и снижения неравноностей поверхности. ЗШО содержат ряд ценных элементов, себестоимость получения которых на 60% ниже, чем извлечение из промышленных руд.

На сегодняшний день в России отсутствует единая концепция по переработке и использованию золошлаков: нет законодательной и нормативно-правовой базы, нет контрольных показателей, на которые нужно ориентироваться при переработке и использовании ЗШО, очень мало примеров, которые могли бы наглядно демонстрировать эффективность вложения финансовых средств в это направление.

Среди таких примеров – завод ЗАО «АФИНА» (г. Челябинск), где было организовано производство силикатного кирпича, для изготовления которого в качестве основного сырья используется зола Челябинской ТЭЦ-2 (до 80 % объема материала кирпича). На ТЭЦ-22 ОАО «Мосэнерго» нет производства как такового, однако налажена система реализации ЗШО малыми предприятиями. ЗШО из золоотвала поставляется на цементные заводы, кирпичные заводы, дорожное строительство (Киевское шоссе), завод железобетонных конструкций. Было выпущено 50 тыс. м<sup>3</sup> блоков для подземных каналов теплотрасс, строительных блоков и абразивных материалов. Зола применялась в качестве добавки в асфальтобетон при первом расширении Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД), при строительстве шоссе Москва-Серпухов, Москва-Кашира. Тольяттинская ТЭЦ производит из ЗШО пористый наполнитель – шлакозит, который нашел применение как футеровочный материал для ремонта котельных установок, заменив шамотный огнеупор. Основным исходным сырьем для его получения является шлак жидкого шлакоудаления. ЗШО Дорогобужской ТЭЦ поставляются на картонно-рубероидные заводы (до 12 тыс. т./год) и на цементно-шиферные заводы.

В Новосибирске так же имеется опыт переработки золошлаковых материалов. С 2000 года на рынке строительных материалов действует компания ЗАО «СКБ», которая производит фасадную, интерьерную и тротуарную плитку, декоративные и архитектурные элементы, используя в качестве сырья ЗШМ ТЭЦ-5.

В данной работе будет рассмотрен инвестиционный проект с рабочим названием «Завод по переработке золошлаковых отходов деятельности новосибирской ТЭЦ-2 ОАО «Новосибирскэнерго», на примере которого можно увидеть все преимущества и недостатки ведения дополнительной деятельности на базе действующих энергетических объектов.

В ходе производственной деятельности на объектах ОАО «Новосибирскэнерго» (в дальнейшем «СИБЭКО») образуются отходы производства и потребления I, III, IV и V класса опасности, различающихся степенью вредного воздействия на окружающую природную среду — от очень высокой (отработанные люминесцентные трубки (лампы)) до очень низкой, то есть практически не опасные (отходы бумаги, картона упаковочного, стеклянный бой, бой бетона и кирпичной кладки и т.д.). ОАО «СИБЭКО» не осуществляет прием отходов от сторонних организаций.

Все отходы за исключением золошлаков от сжигания углей и шламов (осадков) химводоочистки временно хранятся на объектах предприятия, и по мере накопления:

- используются – сжигаются в котлоагрегатах совместно с основным топливом (остатки промышленных, турбинных, трансформаторных, компрессорных масел; шлам очистки трубопроводов и емкостей от нефтепродуктов; уловленная на очистных сооружениях пленка нефтепродуктов, обтирочная ветошь, загрязненная маслами, отходы активированного угля).

Возможность применения золошлаков подтверждена проведенными исследованиями макрокомпонентного состава отходов ОАО «Новосибирскэнерго», на основании которых получено санитарно-эпидемиологическим заключением на применение (использование) новых видов продукции «Золошлаковая смесь (ЗШС) бурых углей К-Ачинского бассейна из золоотвала ТЭЦ-3, Кузнецкого угля из золоотвалов ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5 г. Новосибирска» для вертикальной планировки территории под строительные объекты, как основание дорожных одежд, сырье и компоненты для производства строительных материалов. Кроме того уже имеется опыт использования золошлаковой смеси ТЭЦ-3 наряду с песками для вертикальной планировки территории под строительство Новосибирской ТЭЦ-6. В настоящее время проводятся проектно-изыскательские работы по использованию золошлаковых смесей ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 для вертикальной планировки территории п. Затон, выделенной мэрией г. Новосибирска под застройку.

Производство начинает приносить доход только при определённом объеме выпуска, - этот объем обозначает так называемую точку безубыточности. Так как в этой точке общая выручка равна общим издержкам, она является разделяющей линией между прибылью и убытками и называется точкой минимального предельного объема или точкой критического объема:

$$S_b = \frac{FC}{a}$$

Где  $S_b$  - объем продаж в точке критического объема производства; FC - сумма постоянных издержек;  $a$  - постоянный коэффициент отношения валовой прибыли к объему продаж (коэффициент маржинальной прибыли в % или относительных единицах) или уровень валовой прибыли.

В точке критического объема покрываются только постоянные и переменные издержки, а чистая прибыль равна нулю. При этом, валовая (маржинальная) прибыль (разница между выручкой и переменными издержками) равна постоянным издержкам.

В результате расчетов может быть получен показатель запаса прочности как отношение суммы продаж, превышающей предельный объем, к текущему объему продаж. Показатель запаса прочности определяется в относительных единицах или в %. Он означает, что объем продаж может быть уменьшен на полученную величину запаса прочности в %, прежде чем предприятие начнет нести убытки, то есть тем самым определяется риск бизнеса.

Определим объем продаж в денежном выражении в точке критического объема продаж:

$$S_b = \frac{FC \times S}{S - VC}$$

где  $S$  - объем продаж в руб;  $VC$  – сумма переменных издержек в руб.

Обратимся к следующему параметру – чистая приведенная ценность NPV (или ЧДД – чистый дисконтированный доход), который представляет собой разность между текущей стоимостью потока будущих доходов или выгод и текущей стоимостью будущих затрат на осуществление, эксплуатацию и техническое обслуживание проекта на протяжении всего срока службы. ЧДД – наиболее общий показатель, показывающий доходы собственников капитала за весь жизненный цикл инвестиционного проекта.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E)^t}$$

Где  $R_t$  - суммарные результаты (выгоды или доходы), достигаемые на  $t$ -м шаге расчёта;  $Z_t$  - затраты, осуществляемые на том же шаге,  $E$  - норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал,  $T$  - горизонт расчёта, равный номеру шага расчёта.

Предварительно определяем дисконтную ставку. Это можно сделать с использованием формулы

$$(1 + E) = (1 + R) \cdot (1 + I) \cdot (1 + b)$$

где  $R$  - минимально приемлемая для инвестора норма доходности в России,

$I$  - инфляционная составляющая,

$b$  - рискованная поправка.

Приведенный механизм оценки позволит потенциальным инвесторам сравнивать эффективность данного проекта по переработки ЗШО с другими по критерию максимума ЧДД. Так же данный показатель можно использовать для собственных нужд проекта, например, рассматривая влияние различных видов издержек на получаемый доход. И если опыт переработки ЗШО за рубежом дает инвесторам прибыль, то и в России можно ожидать хороших перспектив.

#### Список литературы

1. Коваль, О. Н. Анализ технологий и методов утилизации твёрдых продуктов десульфуризации и частиц золы / О.Н. Коваль, В.Г. Ерошенко. – Режим доступа: <http://www.ufpk.com.ua/files/p3/analiz.html><http://www.dist-cons.ru><http://www.ru.wikipedia.org/>, свободный, – Загл. с экрана.
2. Мариничева, О. Как превратить пепел в алмаз / О. Мариничева // Энергетика и промышленность России. – 2008. – Вып. 13. – С. 46–47.
3. Новиков, О. Н. Извлечение металлов из золоотвалов / О.Н. Новиков. – Режим доступа: <http://igoog.ru/content/view/100/2/>, свободный, – Загл. с экрана.
4. Обзор эффективных экологических проектов, внедрённых на предприятиях ОАО РАО «ЕЭС

России» : офиц. текст. – М. : 2010. – 69 с.

#### Методика определения химического состава, массовой доли компонентов и размеров частиц торфяного шлама

*Кузьмин В.А., Заграй И.А., Рукавишников Р.В.*

*ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», Россия, г. Киров  
[vl.kuzmin@mail.ru](mailto:vl.kuzmin@mail.ru)*

Согласно распоряжению правительства РФ «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе увеличения доли использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» увеличение доли использования биоресурсов должно возрасти к 2020 году до 4,5 % [1].

Мировые ресурсы торфа признаны уникальным природным потенциалом. Торф занимает значительное место в энергетике ряда европейских стран (Финляндия, Ирландия, Швеция и др.). В России сосредоточено около 30 % мировых запасов торфа, но они в настоящее время остаются невостребованными. Доля торфяной энергетики составляет менее 1 % от всех источников энергии [2]. По запасам торфа Кировская область занимает второе место в Приволжском федеральном округе, что составляет 25 % от общих запасов. В настоящее время на территории области известно порядка 2000 торфяных месторождений общей площадью 500 тыс. га, что составляет около 4 % от всех территорий [3].

Исследования показывают, что «расплавленная» зола торфа негативно воздействует на обмуровку топки, выполненную из шамотного кирпича. В результате взаимодействия золы и шамота температура плавления последнего уменьшается, и прочность его резко снижается [2]. Определение размеров частиц торфяного шлама, образовавшихся после сгорания топлива, является важным не только для расчета тепловых потоков и теплообмена, но и для экологической безопасности.

В данной работе изучались образцы торфяного шлама с целью разработки методики определения его химического состава, массовой доли компонентов, размеров частиц торфяного шлама и построения их функций распределения.

В качестве объектов исследования взяты два образца торфяного шлама. Образец №1 – шлам после сжигания торфяного брикета при температуре 600°C, представлял собой порошок желтоватого оттенка. Образец №2 – шлам после сжигания торфа на ТЭЦ-4 г. Кирова при температуре 1000...1350°C, представлял собой порошок тёмно-коричневого оттенка. Исследования образцов торфяного шлама проводились на базе лаборатории современных методов физико-химического анализа, входящей в состав научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Вятского государственного университета (ВятГУ).

Исследования структуры и размеров частиц торфяного шлама проводились на сканирующем электронном микроскопе JSM-6510LV фирмы «JEOL» (Япония), основанном на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым веществом. Сканируя поверхность объекта электронным пучком, получают карту рельефа проанализированной зоны. Для примера на рис. 1 представлены данные, полученные с помощью электронной микроскопии для образца №2. Частицы торфяного шлама представляют собой образования неправильной формы, находящиеся на небольшом расстоянии друг от друга, слипания между частицами не наблюдаются.

Результаты сканирующей микроскопии позволили определить размеры отдельных частиц с помощью графических инструментов. Снимки отдельных полей зрения анализировались в ручном режиме. Для каждого образца в процессе статистической обработки данных заполнялись массивы, содержащие данные о размерах частиц.

В работе использовалась система Mathcad, имеющая ряд встроенных функций для расчетов числовых статистических характеристик рядов случайных данных. Общее число данных  $n$ , среднее значение  $x_m$ , среднеквадратичное (стандартное) отклонение  $\sigma$  рассчитывались соответственно с помощью встроенных функций  $length(x)$ ,  $mean(x)$  и  $stdev(x)$ , где  $x$  – массив данных. Нижнее  $low$  и верхнее  $hi$  значения коридора ошибки (доверительная вероятность  $\alpha = 0,68$ ) вычислялись по формулам:

$$low = x_m - \sigma,$$

$$hi = x_m + \sigma.$$

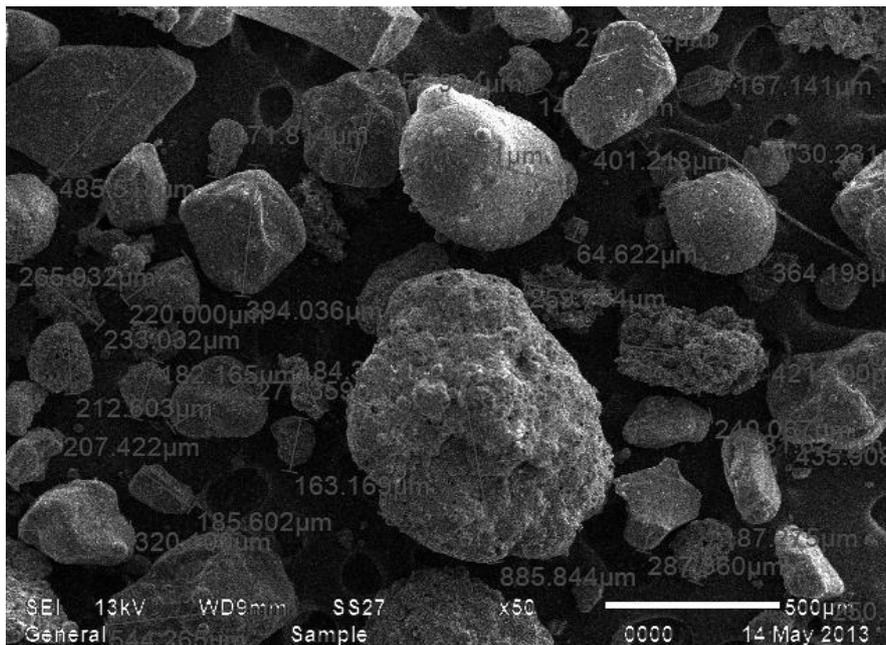


Рис. 1. Результаты электронной сканирующей микроскопии на примере образца №2

Для описания размеров частиц для образца №1 использовалось логарифмически-нормальное распределение:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot x \ln \sigma} e^{-\frac{(\ln x - \ln x_m)^2}{2(\ln \sigma)^2}}$$

с параметрами  $x_m = 22,89$  мкм и  $\sigma = 18,39$ .

Для описания размеров частиц для образца №2 использовалось нормальное (Гауссовское) распределение:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(x-x_m)^2}{2\sigma^2}}$$

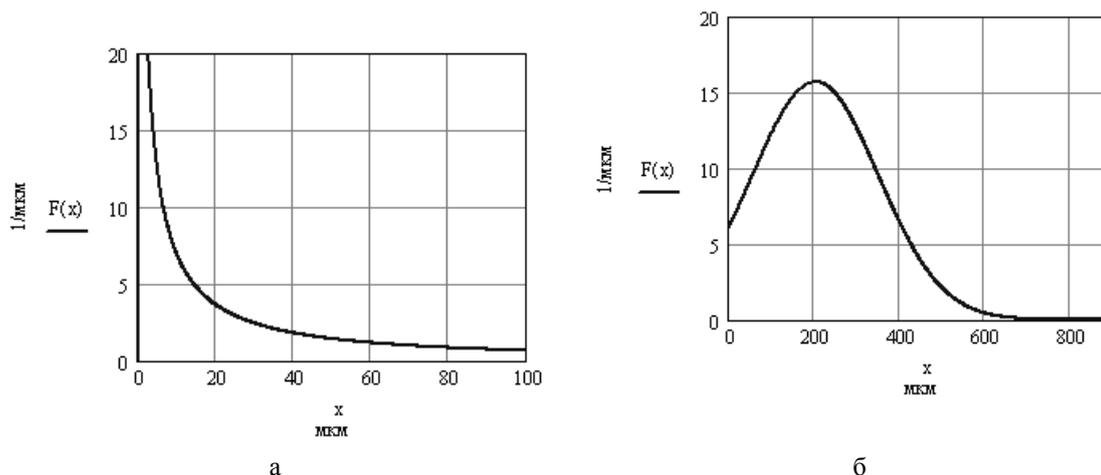


Рис. 2. Функции распределения частиц по размерам торфяного шлама:  
а – образец №1; б – образец №2

с параметрами  $x_m = 203,6$  мкм и  $\sigma = 148,2$ .

Полученные графики функций распределения частиц шлама по размерам приведены на рис. 2.

Возможности микроскопа JSM-6510LV позволили определить химический состав сканируемой поверхности за счёт встроенного энергодисперсионного спектрометра (ЭДС). ЭДС выводит спектр элементов в точке наблюдения образца. Данные химического состава шлама для указанных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав торфяного шлама по результатам сканирующей электронной микроскопии

Элемент	Образец №1		Образец №2	
	Весовой состав, %	Атомный состав, %	Весовой состав, %	Атомный состав, %
O	39,20	55,40	52,75	67,67
Ca	27,08	15,27	1,48	0,76
Fe	10,01	4,05	5,36	1,97
Si	9,00	7,25	26,54	19,40
C	5,68	10,70	-	-
Al	5,46	4,58	10,68	8,13
S	2,50	1,76	-	-
Mg	1,07	1,00	1,26	1,06
K	-	-	1,94	1,02

Из таблицы видно, что в обоих образцах преобладают спектры кремния, алюминия, кальция, железа и кислорода. Заметное влияние на колебание состава рабочей массы торфяного шлама оказывает содержание углерода и кислорода, которые являются, в известной степени функцией глубины залегания торфа. Кислород составляет более 50% атомного состава исследованных образцов. Углерод обнаружен только в образце №1.

Однако полученные данные не дают чёткого представления о вещественном составе шлама, так как каждый элемент определен вне состава соединения. Также состав считывался с ограниченного небольшого участка каждого образца, что не позволяет достаточно точно получить представление о химическом составе образцов в целом.

Таблица 2. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа образцов торфяного шлама

Химическое соединение	Образец №1	Образец №2
	Состав в % по массе	Состав в % по массе
SiO <sub>2</sub>	46,571	41,556
CaO	25,293	20,262
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,576	20,121
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,181	11,192
SO <sub>3</sub>	6,334	0,815
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,039	1,875
K <sub>2</sub> O	1,083	1,717
TiO <sub>2</sub>	0,750	1,132
MgO	0,633	0,806
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,204	0,060
ZnO	0,141	-
SrO	0,108	0,112
MnO	0,081	0,353

Для более детального изучения химического состава торфяного шлама использовался рентгенофлуоресцентный спектрофотометр EDX-900HS (фирмы «Shimadzu», Япония). Действие прибора основано на сборе и последующем анализе спектра, полученного путём воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением. В результате получается рентгенофлуоресцентные спектры. Программное обеспечение аппарата позволяет не только выявить элементный состав, но также имеет функцию пересчёта элементного состава в оксидную форму. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы видно, что в шламе преобладают оксиды SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Температура сжигания образцов находится в пределах от 600 до 1350°C. Это означает, что по плавкости минеральной части шлам относится к шламу с низкой температурной плавления. Средний состав массовой доли компонентов в ранее полученных данных [2] и в исследуемых образцах совпадают. Так как низкая температура плавления золы торфа этой группы объясняется образованием

легкоплавких соединений с большим содержанием файолита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), можно предположить содержание данного соединения в шламе исследованных образцов. Степень разложения торфа обычно колеблется в пределах от 10 до 50%. С уменьшением степени разложения торфа выход летучих веществ увеличивается. Чем больше химический возраст торфа, тем больше степень его разложения и меньше выход летучих веществ. В образце №1 содержится большое количество  $\text{SO}_3$ , следовательно, летучие вещества не выходят в полной мере и степень разложения торфа данного образца высока.

В работе предложена методика определения химического состава, массовой доли компонентов, размеров и функции распределения частиц по размерам торфяного шлама. Данная работа представляет собой блок разрабатываемой комплексной методики моделирования оптических свойств, радиационных и излучательных характеристик гетерогенных продуктов сгорания с целью исследования влияния вышеперечисленного на процессы горения и эффективность работы энергетических установок.

#### Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 N 1-р (ред. от 28.05.2013) «Об утверждении Основных направлений государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года (с изменениями на 28 мая 2013 года) [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/902137809> (дата обращения: 13.10.2013).
2. Разработка концепции программы развития торфяной отрасли Кировской области на перспективу до 2013 года (ред. 21.03.2007): отчет по выполнению I этапа работ / ОАО «ТГК-5»; рук. Э.Ю. Смелов. – Киров, 2007. – 141 с.
3. Уланов Н.А. Торфяные и выработанные почвы. – Киров: ОАО «Дом печати – Вятка», 2005. – 287 с.

#### Повышение энергоэффективности процесса сушки торфа в паровых трубчатых сушилках с помощью распознавания и классификация производственных ситуаций

*Кулаковский Л.Я., Розен В.П., Алтухов Е.И.*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
Институт энергосбережения и энергоменеджмента, Украина, г. Киев  
[kulakovskiy@ukr.net](mailto:kulakovskiy@ukr.net)*

**Введение.** Применение ручного регулирования параметров сушки торфа и субъективность в определении необходимых режимов работы приводят к высоким затратам энергоносителей, низкой производительности процесса, его пожароопасности [1]. Энергоэффективное управление процессом сушки торфа в сушилке Цемаг возможно реализовать в условиях автоматизированного управления в котором центральным ядром является математическая модель, позволяющая выявить факторы, наиболее сильно влияют на процесс сушки и оптимизировать их работу. Именно разработка эффективного алгоритма управления процессом сушки торфа позволит оператору сушилки облегчить задачу получения сушенки необходимого качества, повысить пожаробезопасность процесса и рационально использовать энергоресурсы.

**Основная часть.** Построенные с помощью методов индуктивного моделирования математические модели энергопотребления процесса сушки торфа, [2] позволили найти оптимальные управляющие изменения при определенных значениях возмущающих воздействий, удовлетворяющих условиям качества сушенки и пожаробезопасности. Для построения системы управления процессом сушки торфа наиболее целесообразно использовать многослойный перцептрон, как модель с высоким быстродействием после обучения, возможностями экстраполяции, построения функции любой сложности, в меньшей степени чувствительной к увеличению числа входных воздействий, что особенно важно для построения модели многофакторного объекта. Обученный на экспериментальных опытах перцептрон позволяет реализовать решения задачи «вход–выход», т.е. при поступлении новых значений возмущающих воздействий он позволяет просчитать оптимальные управляющие воздействия.

Однако в реальных условиях изменить управляющие воздействия на оптимальные, удовлетворяющих условиям минимума потребления энергии и качества полученной сушенки, не всегда возможно. Сложность изменения управляющих воздействий, которые установлены для торфа доставленного предварительной вагонеткой, на новые, объясняется инерционностью

процесса сушки, поскольку быстрая смена одного из управляющих параметров может привести к выходу некачественной сушенки, что находится в барабане сушилки на момент перехода работы сушилки на новые режимные параметры. Кроме этого, бывают случаи, когда, например, температуру агента сушки необходимо увеличить с 100°C до 130°C, а для торфа следующей вагонетки наоборот. Это в свою очередь приведет к увеличению расходов торфа на сжигание в котельных, значительные затраты времени на переход на необходимые режимные параметры работы сушилки и является достаточно сложным для регулирования количества подачи торфа необходимого для сжигания и температуры сушильного агента в частности.

Для уменьшения влияния резкого изменения управляющих воздействий на процесс сушки при изменении возмущающих воздействий необходимо проводить распознавание и классификацию производственных ситуаций и согласно с этим подбирать управляющие воздействия. Целью создания вычислительных систем распознавания является автоматизация группы процессов восприятия и познания, связанных с поиском, выделением, идентификацией, классификацией и описанием ситуаций на основе анализа реальных данных, полученных тем или иным способом [3].

Распознавание, конечно, связывают с двумя функциями: отнесением некоторого объекта к неизвестному классификатору класса объектов и идентификации некоторого объекта как элемента известного классификатору класса [4]. Первая функция представляет собой процесс выделения новых классов, так называемая, кластеризация, а вторая – это собственно распознавание. Центральная задача распознавания образов – построение на основе систематических теоретических и экспериментальных исследований эффективных вычислительных средств для отнесения формализованных описаний ситуаций и объектов к соответствующему классу.

Классификацию ситуаций целесообразно осуществлять на основе дискриминантного анализа, который позволяет изучать различие между двумя и более группами (классами) объектов по нескольким переменным одновременно, и на основе найденных характеристик классов проводить идентификацию объектов с неизвестной классовой принадлежностью. Целью дискриминантного анализа является разработка приемов решения задач распознавания (дискриминации) новых объектов путем сравнения величины их признаков с аналогичными показателями уже исследованных кластеров. Такое сравнение позволяет классифицировать новые объекты (ситуации), отнести их в те или иные группы [5].

Пусть каждая из  $n$  производственных ситуаций описывается  $m$  факторами информации в виде матрицы  $Z$  исходных данных. Также описывается определенная характеристика  $S$  ( $S = 1, 2, \dots, P$ ), которая указывает на принадлежность ситуации к некоторому кластеру. Значение  $S$  может быть определено заранее посредством проведения кластерного анализа.

В качестве критерия объединения ситуаций в классы можно использовать затраты энергии для получения сушенки необходимого качества. То есть согласно значению функции энергопотребления, которые она принимает при соответствующих значениях возмущающих и управляющих воздействиях, ситуации можно классифицировать с наименее к наиболее энергозатратных.

Совокупность ситуаций с найденными параметрами  $Z$  и  $S$  используется для нахождения связи между значениями этих характеристик и называется учебной выборкой (учителем). Тогда задача состоит в построении с помощью учителя дискриминантной функции  $f(x)$  и отнесении на ее основе новой ситуации к одному из  $P$  кластеров  $W_1, W_2, \dots, W_P$  [5]. Поэтому дискриминантный анализ позволяет идентифицировать определенные новые воздействия к соответствующему классу.

Дискриминантная функция производственных ситуаций сушилки торфа имеет следующий вид:

$$\hat{S} = C_0 + C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_5X_5 + C_6F_1 + C_7F_2 + \dots + C_{13}F_8, \quad (1)$$

где  $\hat{S}$  – значение параметра, идентифицирующего принадлежность ситуации к определенному кластеру;  $C_0, C_1, \dots, C_{13}$  – неизвестные коэффициенты регрессии;  $X_1, \dots, X_5$  – значения управляющих воздействий;  $F_1, \dots, F_8$  – значения возмущающих воздействий.

Приведем алгоритм по которому осуществляется управление технологическим процессом сушки торфа в сушилках:

Шаг 1. Классифицируем производственные ситуации и управляющие переменные согласно классификатору. Определяем классы производственных ситуаций, отвечающих определенным классам управляющих параметров.

Шаг 2. Измеряем и определяем входные возмущающие воздействия.

Шаг 3. С помощью обученного перцептрона определяем необходимые оптимальные по энергопотреблению управляющие воздействия процесса сушки торфа, подавая на вход нейросети возмущающие воздействия, что позволит на выходе получить параметры управления. Устанавливаем найденные значения управляющих параметров на производстве.

Шаг 4. С помощью дискриминантного анализа осуществляем распознавание производственной ситуации и относим ее к необходимому классу производственных ситуаций и классу управляющих воздействий.

Шаг 5. При поступлении следующей вагонетки торфа повторяем шаг 2 и шаг 4.

Шаг 6. Сравниваем соответствие классу производственной ситуации с установленными параметрами (классом) управляющих воздействий. Если дискриминантная функция соответствует области установленных классов производственных ситуаций и управляющих переменных, технологические параметры процесса остаются неизменными; нет – меняем значения управляющих параметров до момента соответствия новому классу ситуации классу управляющих переменных. Изменение регулирующих параметров целесообразно проводить согласно корреляционных связей возмущающих воздействий с управляющими. Для этого отбираются 2-3 возмущающих воздействия, что наиболее изменились по сравнению с предыдущими данными. Затем подбираем управляющие воздействия, которые имеют наибольшую корреляционную связь с отобранными входными параметрами. Меняем значение подобранных регулирующих воздействий до момента вхождения дискриминантной функции в необходимый класс производственных ситуаций. Для того, чтобы не менять постоянно лишь один из управляющих параметров, нужно ограничить их изменение в определенных пределах. При достижении критически возможного уровня такого параметра, необходимо проводить изменение другого управляющего фактора, что также имеет значительную корреляционную связь с входными параметрами, которые наиболее изменились по сравнению с параметрами торфа предыдущей вагонетки.

**Заключение.** Классификация и распознавание производственных ситуаций позволяет построить эффективную систему управления процессом сушки торфа в паровых трубчатых сушилках, что позволит минимизировать затраты энергоносителей, повысить качество сушенки и производительность сушилки.

#### Список литературы

1. Гнеушев В.О. Брикетования торфу: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.
2. Кулаковський Л.Я. Знаходження за допомогою МГУА математичної моделі процесу процесу сушіння торфу в парових трубчатих сушарках/ Л.Я. Кулаковський, В.П. Розен// Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів. Збірник наукових праць I Міжнародної науково-технічної конференції викладачів, аспірантів і студентів. – Донецьк: РВВ«ДВНЗ»ДонНТУ, 2013. – С. 129-131.
3. Аксенов А.И. Параллельная обработка информации: Т. 5 Проблемно-ориентированные и специализированные средства обработки информации/ А.И. Аксенов, В.В. Аристов, Е.Ю. Барзилович и др. – АН УССР. Физ.-мех. ин-т. – Киев: Наук. думка, 1990. – 504 с.
4. Загоруйко Н.Г. Методы распознавание образов и их применение. – М.: Сов. Радио, 1976. – 206 с.
5. <http://ua.convdocs.org/docs/index-49428.html>

#### Концепция утилизации минеральной части бурых углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии

*Кучерина А. Н., Долгих А. Ю., Николаева В. И., Черкашина Г. А.*

*Томский Политехнический Университет, Россия, г. Томск*

[cannonfodderzura@mail.ru](mailto:cannonfodderzura@mail.ru)

В течение XX века и в настоящее время основной задачей тепловых электрических станций (ТЭС) работающих на твердом топливе является выработка электрической и тепловой энергии, при этом проблемы, связанные с экологией, стали сверх актуальны в последние 2 десятилетия. Однако вред, наносимый ТЭС окружающей среде, был настолько очевиден и настолько велик, что не мог оставаться без внимания. Почти на всех угольных ТЭС удаление золы и шлаков в намывные отвалы осуществляется гидравлическим способом. При этом системы гидрозолоудаления и складирования золы и шлака порождают много сложных инженерно-технических и экологических проблем. При непрерывном росте количества золы, транспортируемой в золошлаковые отвалы, требуется дополнительный отвод земли вблизи ТЭС.

При строительстве новых станций необходимо на этапе проектирования планировать ввод технологических схем утилизации золошлаковых отходов для решения экологической проблемы, связанной с выбросами золы и шлака, путем комплексной переработки отходов в несколько видов материалов, которые могут быть использованы в различных отраслях. Основные направления переработки золошлаковых отходов представлены на рис. 1.



Рис.1. Направления утилизации золошлаковых отходов

Однако золошлаковые отходы составляют миллионы тонн, поэтому утилизация должна осуществляться в тех отраслях хозяйства, в которых есть большие и постоянные потребности в сырьевых ресурсах. Золошлаки и получаемые из них продукты могут использоваться в различных направлениях. Самыми крупными ее потребителями могут стать строительная индустрия, производство стройматериалов и дорожное строительство.

Пригодность золы и шлака в качестве основного сырья при производстве строительных материалов и в бетонах различного назначения в качестве заполнителя или взамен части вяжущего материала определяется, прежде всего, отсутствием или ограниченным содержанием в них вредных компонентов, ухудшающих физико-механические характеристики строительных материалов и бетонов, снижающих их эксплуатационно-технические свойства или затрудняющих технологические процессы производства и ограничивающих область применения [1].

Также отходы могут использоваться в качестве засыпного материала выработанных карьеров, шахт и различного вида оврагов. Необходимо принимать во внимание такие параметры как щелочность, кислотность и общий показатель потенциально опасных компонентов как сера и т. д. Но закладка золы в пустых пространствах подземных горных выработок имеет смысл только при близком расположении к ним ТЭС [2].

Однако наличие даже очень малого процента ценных компонентов в объеме отходов позволяет рассматривать их как потенциальный источник для получения различных элементов, таких как ценные металлы. Ведь состав углей и следовательно золы может включать в себя довольно обширный ряд всевозможных металлов, даже такие редкие и дорогие как золото и титан. Минимальные содержания ценных элементов, позволяющие положительно оценивать энергетическое топливо как сырье для сопутного их получения представлены в [3]:

Использование золы в качестве удобрений в сельском хозяйстве является одним из основных направлений применения золы бурых углей, особенно золы с повышенным содержанием кальция и магния. Зола, внесенная в почву, больше всего влияет на ее физические и химические свойства, такие как химическая реакция, кислотность, количество меняющегося алюминия, сорбционная и водопоглотительная способность. Летучую золу, непосредственно внесенную в почву, можно расценивать как удобрение, содержащее кальций и магний. Зола бурых углей обладает несколько меньшей щелочностью, чем удобрения на основе кальция, однако, она содержит другие компоненты, жизненно важные для растений, особенно магний.

Осадки сточных вод, используемые в сельскохозяйственных целях, должны соответствовать определенным требованиям. Одним из способов подготовки осадков для их использования в сельском хозяйстве является добавка золы, что делает возможным использование смеси для удобрения растений. Полученные смеси имеют низкую влажность, и кроме того, щелочная реакция золы приводит к ошелачиванию шлама, что является благоприятным фактором. Также благоприятными являются процессы компостирования шлама и золы. Добавка золы бурого угля в шлам замедляет скорость минерализации органических веществ, содержащихся в шламе, благодаря чему потери азота и угля во время компостирования смесей меньше, чем потери в случае использования шлама без добавок [4].

При оценке возможного варианта утилизации не горючей части от сжигания исследуемого угля необходимо обратить внимание на гранулометрический, химический, а также фазово-минералогический составы золы и сопоставить с техническими требованиями, предъявляемыми к изготавливаемым материалам и изделиям.

Усредненный химический состав золы бурых углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии представлен в таблице 1.

Таблица 1. Усредненный химический состав золы

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MaO	SiO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
41 %	17 %	16 %	6 %	12 %	4 %	0,5 %	0,08 %

На данном этапе свойства минеральной части исследуемого угля рассматриваются на основании химического состава золы. Согласно существующим требованиям производится оценка возможного варианта для утилизации:

Строительные материалы:

Производство цементов: SiO<sub>2</sub> – не менее 25%, CaO – менее 10% [5].

Бетоны и растворы [6]:

Легкие бетоны: CaO+MaO - менее 3%.

Бетоны на портландцемент: CaO+MaO - менее 3%, Карбонаты – менее 2%.

Жаростойкие бетоны: SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - не менее 75%, SiO<sub>2</sub> – не менее 40%, SiO<sub>3</sub>- менее 3%, CaO+MaO - менее 4% [7].

Ячеистые бетоны: CaO – не менее 40%, K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O - менее 3,5%, SiO<sub>3</sub>- менее 6% [8].

Пористые заполнители [9]:

Аглопористый гравий: SiO<sub>2</sub> – 45-65%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15-35%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2-18%, CaO + MaO - менее 12%, SiO<sub>3</sub> - менее 3%.

Керамзит: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20-35% CaO – 7-12%

Зольный гравий: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – не менее 7%, CaO+MaO - менее 8%.

Шамот: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 28-33% для ряда марок изделия, SiO<sub>2</sub> – 14-28% [10].

Наполнители для мастик: Влажность по массе, не более 3 % [11].

Исходя из свойств и минерального состава золы, возможными вариантами утилизации является производство цементов, легких бетонов, зольного гравия путем перевода отходов в инертный вид. Также можно использовать в качестве сырья для получения наполнителей для мастик. Этому соответствуют легко достижимые технические условия.

Удобным и быстрым способом утилизации золошлаков предоставляется использование её в качестве засыпного материала при условии относительно небольшого расстояния от ТЭС до места закладки золы.

Содержание кальция и магния в золе бурых углей позволяет рассматривать возможность использовать исследуемый материал в качестве удобрений почвы.

На данном этапе исследований нет возможности оценить содержание редких металлов в золошлаках исследуемого угля. В дальнейшем планируется провести исследование позволяющее рассмотреть свойства материала с точки зрения содержания полезных компонентов.

#### Список литературы

1. Капустин Ф.Л., Уфимцев В.М. Российские стандарты по использованию золошлаков теплоэнергетики в производстве строительных материалов. Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 57 – 64.
2. Паларски Я., Заяц А. Использование летучей золы и шлака электростанций при производстве горных работ в Польше // Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 73 – 79.
3. Жаров Ю.Н., Мейтов Е.С., Шарова И.Г. и др. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России - Справочник М.: Недра, 1996. 239 с.
4. Гибжинская М., Хари Г., Куява П. и др. Потенциал утилизации летучей золы бурых углей в сельском хозяйстве // Материалы III научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 22–23 апреля 2010 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 68 – 71.
5. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. М.: ФГУП ЦПП, 2004.
6. ГОСТ 25592-91. Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1992.
7. ГОСТ 20910-90. Бетоны жаростойкие. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1991.
8. ГОСТ 25485-89. Бетоны ячеистые. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1993.
9. ТУ21-31-2-82. Зола тепловых электростанций как сырьё для производства аглопоритового гравия, керамического кирпича и камней. М.: ВНИИстром, 1982.
10. ГОСТ 390-96 Изделия огнеупорные шамотные и полукислые общего назначения и массового производства. Технические условия.
11. ГОСТ 2889-80 Мастика битумная кровельная горячая. Технические условия.

#### Экстренная психологическая помощь в экстремальных ситуациях

*Левченко А.А., Сечин А.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[levchenkoanna2011@mail.ru](mailto:levchenkoanna2011@mail.ru)*

Экстренная психологическая помощь (ЭПП) — это система краткосрочных мероприятий направленная на оказание помощи одному человеку, группе людей или большому числу пострадавших после кризисного или чрезвычайного события.

Экстренная психологическая помощь оказывается людям в остром стрессовом состоянии (ОСР). Это состояние представляет собой переживание эмоциональной и умственной дезорганизации.

Психодиагностика, психотехники воздействия и процедура оказания психологической помощи в экстремальных ситуациях имеют свою специфику.

В частности, психодиагностика в экстремальных ситуациях имеет свои отличительные особенности. В этих условиях из-за нехватки времени невозможно использовать стандартные диагностические процедуры. Действия, в том числе практического психолога, определяются планом на случай чрезвычайных обстоятельств.

Неприменимы во многих экстремальных ситуациях и обычные методы психологического воздействия. Все зависит от целей психологического воздействия в экстремальных ситуациях: в одном случае надо поддержать, помочь; в другом следует пресечь, например, слухи, панику; в третьем — принципами оказания помощи перенесшим психологическую травму в результате влияния экстремальных ситуаций являются:

- безотлагательность;
- приближенность к месту событий;
- ожидание, что нормальное состояние восстановится;
- единство и простота психологического воздействия.

Безотлагательность означает, что помощь пострадавшему должна быть оказана как можно быстрее: чем больше времени пройдет с момента травмы, тем выше вероятность возникновения хронических расстройств, в том числе и посттравматического стрессового расстройства.

Смысл принципа приближенности состоит в оказании помощи в привычной обстановке и социальном окружении, а также в минимизации отрицательных последствий «госпитализма».

Ожидание, что нормальное состояние восстановится: с лицом, перенесшим стрессовую ситуацию, следует обращаться не как с пациентом, а как с нормальным человеком. Необходимо поддерживать уверенность в скором возвращении нормального состояния.

Единство психологического воздействия подразумевает, что либо его источником должно выступать одно лицо, либо процедура оказания психологической помощи должна быть унифицирована.

Простота психологического воздействия — необходимо отвести пострадавшего от источника травмы, предоставить пищу, отдых, безопасное окружение и возможность быть выслушанным.

В целом служба экстренной психологической помощи выполняет следующие базовые функции:

- практическую: непосредственное оказание скорой психологической и (при необходимости) доврачебной медицинской помощи населению;
- координационную: обеспечение связей и взаимодействия со специализированными психологическими службами.

Ситуация работы психолога в экстремальных условиях отличается от обычной терапевтической ситуации, по меньшей мере, следующими моментами:

- Работа с группами. Часто приходится работать с группами жертв, и эти группы не создаются психологом (психотерапевтом) искусственно, исходя из нужд психотерапевтического процесса, они были созданы самой жизнью в силу драматической ситуации катастрофы.

- Пациенты часто пребывают в остром аффективном состоянии. Иногда приходится работать, когда жертвы находятся еще под эффектом травмирующей ситуации, что не совсем обычно для нормальной психотерапевтической работы.

- Нередко низкий социальный и образовательный статус многих жертв. Среди жертв можно встретить большое количество людей, которые по своему социальному и образовательному статусу никогда в жизни не оказались бы в кабинете психотерапевта.

- Разнородность психопатологии у жертв. Жертвы насилия часто страдают, помимо травматического стресса, неврозами, психозами, расстройствами характера и, что особенно важно для профессионалов, работающих с жертвами, целым рядом проблем, вызванных самой катастрофой или другой травмирующей ситуацией. Имеется в виду, например, отсутствие средств к существованию, отсутствие работы и пр.

- Наличие почти у всех пациентов чувства потери, ибо поскольку часто жертвы теряют близких людей, друзей, любимые места проживания и работы и пр., что вносит вклад в нозологическую картину травматического стресса, особенно в депрессивную составляющую данного синдрома.

- Отличие посттравматической психопатологии от невротической патологии. Можно утверждать, что психопатологический механизм травматического стресса принципиально отличается от патологических механизмов невроза. Таким образом, необходимо выработать стратегии работы с жертвами, которые охватили бы и те случаи, когда имеет место «чисто» травматический стресс, и те случаи, когда имеет место сложное переплетение травматического стресса с другими патогенными факторами внутреннего или внешнего происхождения.

Цель и задачи экстренной психологической помощи включают профилактику острых панических реакций, психогенных нервно-психических нарушений; повышение адаптационных возможностей индивида; психотерапию возникших пограничных нервно-психических нарушений. Экстренная психологическая помощь населению должна основываться на принципе интервенции в поверхностные слои сознания, то есть на работе с симптоматикой, а не с синдромами.

Проведение психотерапии и психопрофилактики осуществляют в двух направлениях. Первое со здоровой частью населения - в виде профилактики:

- а) острых панических реакций;
- б) отсроченных, «отставленных» нервно-психических нарушений.

Второе направление - психотерапия и психопрофилактика лиц с развившимися нервно-психическими нарушениями. Технические сложности ведения спасательных работ в зонах катастроф, стихийных бедствий могут приводить к тому, что пострадавшие в течение достаточно продолжительного времени окажутся в условиях полной изоляции от внешнего мира. В этом случае рекомендуется психотерапевтическая помощь в виде экстренной «информационной терапии», целью которой является психологическое поддержание жизнеспособности тех, кто жив, но находится в полной изоляции от окружающего мира (землетрясения, разрушение жилищ в

результате аварий, взрывов и т.д.). «Информационная терапия» реализуется через систему звукоусилителей и состоит из трансляции следующих рекомендаций, которые должны услышать пострадавшие:

- 1) информация о том, что окружающий мир идет к ним на помощь и делается все, чтобы помощь пришла к ним как можно быстрее;
- 2) находящиеся в изоляции должны сохранять полное спокойствие, т.к это одно из главных средств к их спасению;
- 3) необходимо оказывать себе самопомощь;
- 4) в случае завалов пострадавшие не должны принимать каких-либо физических усилий к самоэвакуации, что может привести к опасному для них смещению обломков;
- 5) следует максимально экономить свои силы;
- 6) находиться с закрытыми глазами, что позволит приблизить себя к состоянию легкой дремоты и большей экономии физических сил;
- 7) дышать медленно, неглубоко и через нос, что позволит экономить влагу и кислород в организме и кислород в окружающем воздухе;
- 8) мысленно повторять фразу: «Я совершенно спокоен» 5 - 6 раз, чередуя эти самовнушения с периодами счета до 15-20, что позволит снять внутреннее напряжение и добиться нормализации пульса и артериального давления, а также самодисциплины;
- 9) высвобождение из «плена» может занять больше времени, чем хочется потерпевшим. «Будьте мужественными и терпеливыми. Помощь идет к вам».

Целью «информационной терапии» является также уменьшение чувства страха у пострадавших, т.к известно, что в кризисных ситуациях от страха погибает больше людей, чем от воздействия реального разрушительного фактора. После освобождения пострадавших из-под обломков строений необходимо продолжить психотерапию (и прежде всего - амнезирующую терапию) в стационарных условиях.

Еще одной группой людей, к которым применяется психотерапия в условиях ЧС, являются родственники людей, находящихся под завалами, живыми и погибшими. Для них применим весь комплекс психотерапевтических мероприятий:

- поведенческие приемы и методы, направленные на снятие психоэмоционального возбуждения, тревоги, панических реакций;
- экзистенциальные техники и методы, направленные на принятие ситуации утраты, на устранение душевной боли и поиск ресурсных психологических возможностей.

Еще одна группа людей, к которым применяется психотерапия в зоне ЧС, это спасатели. Основной проблемой в подобных ситуациях является психологический стресс. Именно это обстоятельство значительно влияет на требования, предъявляемые к специалистам служб экстренной помощи. Специалисту необходимо владеть умением своевременно определять симптомы психологических проблем у себя и у своих товарищей, владеть эмпатическими способностями, умением организовать и провести занятия по психологической разгрузке, снятию стресса, эмоционального напряжения. Владение навыками психологической само- и взаимопомощи в условиях кризисных и экстремальных ситуаций имеет большое значение не только для предупреждения психической травматизации, но и для повышения устойчивости к стрессовым воздействиям и готовности быстрого реагирования в чрезвычайных ситуациях.

В результате осуществления обширной исследовательской программы немецкие психологи Б. Гаш и Ф. Ласогга разработали ряд рекомендаций для психолога, другого специалиста или добровольца, работающих в экстремальной ситуации. Эти рекомендации полезны как психологам при непосредственной работе в местах массовых бедствий, так и для подготовки спасателей и сотрудников специальных служб.

#### Список литературы

1. Ирина Малкина-Пых. "Экстремальные ситуации". Серия "Справочник практического психолога" "Эксмо", Москва, 2006 г.
2. М.А. Крюкова, Т.И. Никитина, Ю.С. Сергеева «Экстренная психологическая помощь», 2001.
3. М.М. Решетников «Психическая травма: монография»

**Применение импульсного коронного разряда для очистки нефтесодержащих сточных вод**  
**Маринин С.А., Сапрыкин Ф.Е., Грязнова Е.Н., Хаскельберг М.Б., Корнев Я.И.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*  
[fainer@sibmail.com](mailto:fainer@sibmail.com)

Загрязнение поверхностных и подземных вод нефтью и нефтепродуктами является одной из актуальных проблем нашего времени. Основными источниками загрязнения являются промышленные сточные воды нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий.

Известно, что нефтепродукты в сточных водах могут находиться в грубодисперсном, тонкодисперсном или эмульгированном состоянии, а также в растворенной форме [1]. В сточных водах концентрация нефтепродуктов может достигать десятков мг/л, что существенно выше предельно допустимой концентрации (ПДК), составляющей 0,05 мг/л для вод рыбохозяйственного назначения.

Для удаления из воды пленочных нефтепродуктов традиционно используют песколовки, в которых задерживаются грубодисперсные взвешенные частицы, а также отстойники и нефтеловушки [2]. Удаление тонкодисперсных нефтепродуктов происходит в процессах флотации, коагулирования с последующим фильтрованием на песчаных загрузках или осаждением в отстойниках. Однако, после предварительной очистки в воде, как правило, содержится достаточно большое количество растворенных примесей, концентрация которых может составлять единицы мг/л. Эффективное удаление из воды растворенных нефтепродуктов является серьезной проблемой, для решения которой необходимо применение современных технологий.

В настоящей работе для удаления растворенных нефтепродуктов предложено использовать импульсный коронный разряд (ИКР) в водо-воздушной среде, полученной в результате диспергирования воды в воздухе на капли размером до нескольких миллиметров. Электрический разряд является источником активных частиц-окислителей: атомарного кислорода (О), озона (О<sub>3</sub>) и гидроксильных радикалов (ОН), которые способствуют окислению неорганических примесей и деструкции содержащихся в воде органических веществ. Каналы разряда формируются в газовой фазе, в непосредственной близости или на поверхности капель воды, что способствует эффективному взаимодействию короткоживущих радикалов с компонентами водных растворов [3].

Импульсный коронный разряд был ранее успешно применен для удаления из воды органических примесей – фенолов, гуминовых веществ и др. [3,4,5,6]. Целью настоящей работы является определение эффективности применения ИКР в водо-воздушном потоке для удаления растворенных нефтепродуктов.

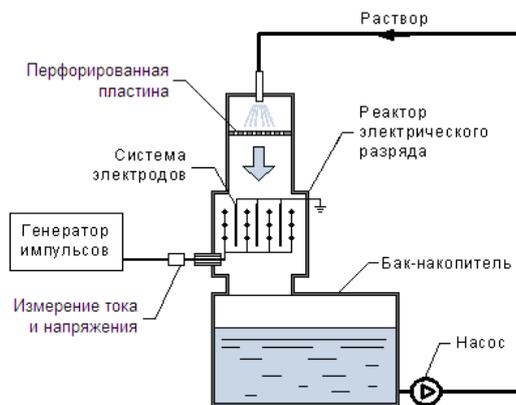


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Эксперименты проводили на модельных растворах нефтепродуктов, которые готовили путем перемешивания 200 г нефти с 35 л водопроводной воды в течение 10 минут с последующим отстаиванием в течение 7 дней. Начальная концентрация экстрагируемых гексаном нефтепродуктов в полученном модельном растворе составляла от 1,5 до 5 мг/л. Модельный раствор помещался в бак накопитель объемом 25 л, откуда с помощью насоса подавался в верхнюю часть установки (см. рисунок 1). Раствор диспергировался в воздухе на капли при помощи перфорированной пластины. Капли воды проходили через систему электродов, где подвергались воздействию импульсного коронного разряда; далее раствор снова поступал в бак-накопитель. Объемная скорость потока составляла 180 и 700 л/час. Обработка раствора проводилась в течение 40-60 мин.

Для формирования импульсов высокого напряжения использовался магнитотристорный генератор импульсов. Генератор построен по принципу разряда накопительного конденсатора в нагрузку через быстродействующий ключ, в качестве которого выступает дроссель насыщения. При этом амплитуда напряжения разряда составляла 21 кВ, амплитуда тока – 240 А. Частота следования импульсов регулировалась от 100 до 900 имп/с, энергия импульса составляла 0,34 Дж.

Концентрацию нефтепродуктов в пробах определяли флуориметрическим методом, после экстракции нефтепродуктов гексаном. Для анализа использовался анализатор жидкости «Флюорат-02-3М» (Россия).

В ходе работы наблюдалось снижение концентрации содержащихся в растворе нефтепродуктов даже при отсутствии напряжения на высоковольтных электродах. При аэрации раствора в газовую фазу выделяются и подвергаются окислению легколетучие фракции нефтепродуктов. Из графика на рисунке 2 видно, что при расходе обрабатываемого раствора 700 л/час наибольшая скорость удаления нефтепродуктов наблюдается в первые 10 минут обработки воды.

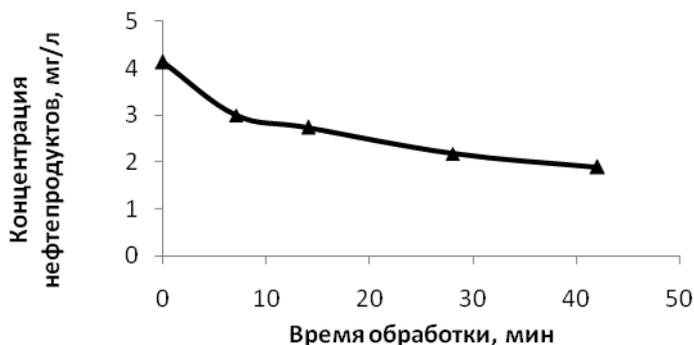


Рис. 2. Зависимость концентрации нефтепродуктов от времени аэрации

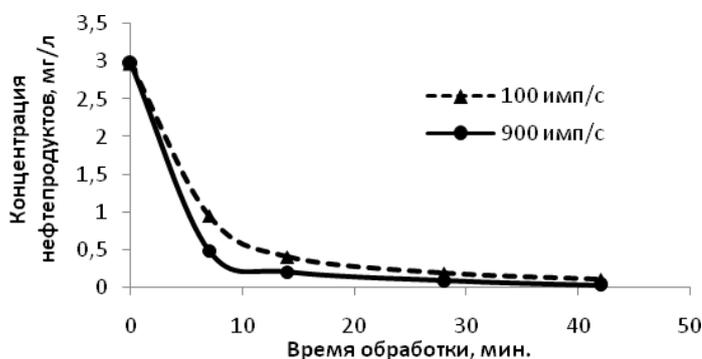


Рис. 3. Зависимости концентрации нефтепродуктов от времени обработки разрядом для различных частот следования импульсов

Зажигание импульсного коронного разряда в межэлектродном промежутке приводит к значительному повышению скорости и глубины удаления нефтепродуктов по сравнению с аэрацией. Увеличение частоты следования импульсов не приводит к существенному росту скорости удаления нефтепродуктов (см. рисунок 3). При этом концентрация частиц-окислителей в зоне реакции с повышением частоты следования импульсов со 100 до 900 имп/с заметно возрастает, о чем косвенно свидетельствует рост концентрации озона в газовой фазе реактора. Равновесная концентрация озона в газовой фазе составляла 1,5-2 г/м<sup>3</sup> при частоте следования импульсов 100 имп/с и 5,5-6 г/м<sup>3</sup> при частоте 900 имп/с. При этом после 40 минут электроразрядной обработки остаточная концентрация экстрагируемых гексаном нефтепродуктов составила 0,1 мг/л при частоте 100 имп/с и 0,03 мг/л при частоте 900 имп/с.

Увеличение расхода обрабатываемого раствора (см. рисунок 4) через реактор с 180 до 700 л/час ведет к росту скорости окисления нефтепродуктов на 20%. Помимо этого снижается остаточная концентрация нефтепродуктов с 0,13 мг/л до 0,03 мг/л соответственно.

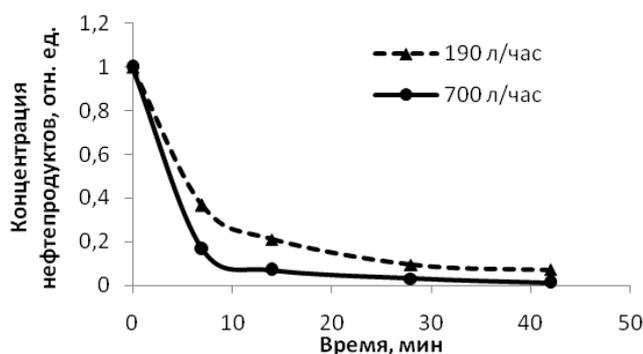


Рис. 4. Зависимости концентрации нефтепродуктов от времени обработки с различными объёмными расходами воды при частоте следования импульсов 900 имп/с

С увеличением расхода обрабатываемого раствора через реактор повышается интенсивность массопереноса через границу раздела фаз. Ранее было экспериментально показано [4], что с увеличением объёмного расхода воды удельная поверхность контакта газа и жидкости в реакторе возрастает практически линейно. Более интенсивный перенос активных частиц через поверхность раздела фаз способствует эффективному удалению нефтепродуктов, находящихся на поверхности капель, в реакциях с короткоживущими активными частицами.

Обработка модельных растворов нефтепродуктов импульсным коронным разрядом приводит к снижению концентрации нефтепродуктов, экстрагируемых гексаном, с 1,5-5 мг/л до 0,03 мг/л, т.е. до уровня допустимого для вод рыбохозяйственного назначения. Таким образом, применение электроразрядной технологии является перспективным направлением очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов.

#### Список литературы

1. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Аналитический обзор. – Н.: СО РАН НИОХ, 1992. – 72 с.
2. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа. – Л.: Химия, 1972. – 464 с.
3. 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.
4. Panorel I. C., Kornev I., Hatakka H., Preis S. Pulsed corona discharge for degradation of aqueous humic substances // Water Science Technology: Water Supply. – 2011. – № 2. – Vol. 11. – P. 238 – 245.
5. Корнев Я.И., Сапрыкин Ф.Е., Прейс С., Хаскельберг М.Б., Грязнова Е.Н., Шиян Л.Н., Хряпов П.А., Галанов А.И. Применение импульсного электрического разряда для очистки воды от нефтепродуктов // Известия Высших учебных заведений: Физика, 2013. – Т.56. – №7/2. – С. 146 – 152.
6. Белинский В.В., Божко И.В., Чарный Д.В. Импульсный коронный разряд на поверхности электропроводящей жидкости и его использование для обработки воды // Техническая электродинамика. – 2010. – №3. – С. 21–27.

#### Возможность использования природных цеолитов для очистки сточных вод электростанций от соединений тяжелых металлов

*Мосолков А. Ю., Мартемьянов Д. В., Дозморов П. С., Мухортова Ю. Р.*

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

[ornitolog99@gmail.com](mailto:ornitolog99@gmail.com)

Производство электрической энергии тесно связано с потреблением большого количества воды выводом её из цикла электростанции [1, 2]. Поток воды, выводимый из цикла электростанции называется сточными водами. Большая часть воды расходуется в охлаждающих системах различных аппаратов: конденсаторов турбин, масло и воздухоохладителей движущихся механизмов и др. [3, 4]. Другая часть воды расходуется на удаление золы и шлама, которые образуются в результате сгорания угля и другого вида твердого топлива. Удаление золы и шлама

производится гидравлическим путем, что требует большого количества водных ресурсов. Сточные воды ГЗУ (гидрозолоудаления) значительно загрязнены взвешенными веществами, имеют повышенную минерализацию и в большинстве случаев повышенную щелочность. Кроме того, в них могут содержаться соединения фтора, мышьяка, ртути, ванадия. Таким образом, сточные воды электростанций должны быть очищены от загрязнений до допустимых ПДК. И из всех этих загрязнений мы уделим внимание тяжелым металлам.

Одними из наиболее распространённых способов очистки воды от тяжёлых металлов, являются сорбционные методы [5-7]. Среди известных природных минералов, обладающих хорошими сорбционными свойствами, выделяются цеолиты, кристаллы которых пронизаны системой каналов и полостей, имеющие хорошо развитую внутреннюю поверхность [8, 9]. Из-за этих свойств цеолиты используются для очистки промстоков от тяжелых металлов, таких как свинца, цинка, меди, железа, никеля, кадмия, хрома и др. [10].

Целью данной работы является изучение ряда физико-химических свойств природных цеолитов различных месторождений. Будет рассмотрена возможность применения цеолитов для очистки водных растворов имитирующих сточные воды содержащие ионы тяжёлых металлов:  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .

Исследования проводили на образцах природных цеолитов различных месторождений: Чугуевское, Шивыртуйское, Холинское, Сокирницкое, с различным гранулометрическим составом. Для экспериментов были взяты цеолиты с фракциями: менее 0,1 мм; 0,5 – 1 мм; 1,5 – 2,5 мм. Подготовку образцов осуществляли посредством измельчения исходного сырья в агатовой ступке, с дальнейшим просеиванием на ситах с необходимым размером ячеек.

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 «СОРБОМЕТР М».

Сорбция ионов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску цеолита массой ( $m$ ) 0,2 г, заливали 20 мл раствора ( $V$ ) с начальной концентрацией ( $C_0$ ) 5 и 10 мг/дм<sup>3</sup>. Исходные концентрации для элементов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  – 5 мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  – 10 мг/дм<sup>3</sup>. Модельные растворы готовили на дистиллированной воде с использованием ГСО  $\text{Cr(VI)}$ ,  $\text{Zn(II)}$ ,  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Fe(III)}$ , а также железа (II) сернокислого 7-водного. Процесс осадительной сорбции для каждого образца цеолита проводили при времени контакта - 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Конечные концентрации ионов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  определяли методом фотоколориметрии [11], а концентрации  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  методом инверсионной вольтамперометрии [12].

В таблице 1 представлены некоторые физико-химические параметры образцов природных цеолитов: удельная поверхность и удельный объем пор.

Как видно из таблицы 1, представленные образцы природных цеолитов месторождений: Чугуевское, Шивыртуйское и Сокирницкое, имеют тенденцию к увеличению удельной поверхности с уменьшением фракционного состава. Цеолиты Холинского месторождения показывают обратную зависимость, т. е. с увеличением фракционного состава, увеличивается удельная поверхность образца. По удельному объёму пор также видно, что цеолиты: Чугуевский, Шивыртуйский и Сокирницкий, показывают увеличение удельного объёма пор, с уменьшением фракционного состава. И наоборот, Холинский цеолит, с уменьшением гранулометрического состава образцов, демонстрирует снижение значений по удельному объёму пор. Как видно, цеолиты имеют значительную пористую структуру, возрастающую с повышением удельной поверхности. Исходя из этого, можно предположить, что при очистке воды с использованием природных цеолитов, будут сказываться внутридиффузионные процессы, что может положительно влиять на пролонгированность сорбционного действия.

В работе определена эффективность сорбции природными цеолитами, при извлечении ионов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  из водных растворов. В таблице 2, приведены адсорбционные характеристики природных цеолитов различного фракционного состава, при извлечении ионов тяжёлых металлов.

Таблица 1. Структурные характеристики минералов

Месторождение цеолита	Фракция, мм	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	$P$ , см <sup>3</sup> /г
Чугуевское	Менее 0,1	25,35	0,011

	0,5-1	21,75	0,009
	1,5-2,5	19,48	0,008
Шивыртуйское	Менее 0,1	16,78	0,007
	0,5-1	9,75	0,004
	1,5-2,5	9,43	0,004
Холинское	Менее 0,1	17,25	0,007
	0,5-1	27,65	0,012
	1,5-2,5	31,29	0,013
Сокирницкое	Менее 0,1	14,78	0,006
	0,5-1	12,47	0,005
	1,5-2,5	11,94	0,004

Таблица 2. Адсорбционные характеристики природных цеолитов

Месторождение цеолита	Фракция, мм	Степень извлечения, %				
		Cr <sup>6+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>
Чугуевское	Менее 0,1	6,2	60,4	83,7	97,5	65,6
	0,5-1	4,9	58,4	80,4	92,16	73,4
	1,5-2,5	3,2	54,38	78,8	90,86	89,8
Шивыртуйское	Менее 0,1	14,6	97,76	99,13	98,76	97,1
	0,5-1	10,3	92,12	97,54	97,48	93,8
	1,5-2,5	7,1	87,64	91,8	92,44	89,2
Холинское	Менее 0,1	15,6	87,18	85,3	94,65	70,7
	0,5-1	11,8	83,6	84,3	92,7	93,4
	1,5-2,5	8,6	78,61	80	89,14	84,1
Сокирницкое	Менее 0,1	7	26	76,1	89,8	45,4
	0,5-1	4,8	22,95	72,6	85,1	83,3
	1,5-2,5	3,5	20,3	69,5	81,36	87,9

Согласно приведенным сорбционным данным в таблице 2, мы видим, что по таким элементам как Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, с увеличением фракционного состава цеолита наблюдается снижение сорбционной способности образца. По элементу Fe<sup>3+</sup> видно, что Чугуевский, Холинский и Сокирницкий цеолиты показывают увеличение сорбционной активности с увеличением фракционного состава образцов. Шивыртуйский цеолит по элементу Fe<sup>3+</sup> имеет обратные характеристики и с увеличением фракции цеолита, показывает снижение сорбции. По Cr<sup>6+</sup> все образцы цеолитов показывают очень низкие сорбционные характеристики, которые снижаются с увеличением фракционного состава.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод о возможности использования природных цеолитов Шивыртуйского, Холинского и Чугуевского месторождений, как наиболее эффективных, для очистки сточных вод электростанций от таких соединений тяжелых металлов, как: Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup>.

Выводы.

По результатам проведенной работы, определены удельная поверхность и удельный объем пор полученных образцов цеолитов: Чугуевского, Холинского, Шивыртуйского и Сокирницкого месторождений.

Исследованы адсорбционные свойства природных цеолитов, месторождений: Чугуевское, Шивыртуйское, Холинское и Сокирницкое, с различным фракционным составом, по отношению к ионам Cr<sup>6+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

Сделан вывод, о возможности эффективного использования природных цеолитов Шивыртуйского, Холинского и Чугуевского месторождений, как наиболее эффективных, для очистки сточных вод электростанций от таких соединений тяжелых металлов, как: Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup>.

#### Список литературы

1. Кострикин Ю. М., Мещерский Н. А., Коровина О. В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. // Справочник – М.: Энергоатомиздат, 1990.

2. Маргулова Т. Х., Подушко Л. А. Атомные электрические станции. - М.: Энергоиздат, 1982.
3. Герзон В. М. Управление водоподготовительным оборудованием и установками – М.: Энергоатомиздат, 1985
4. Мартынова О. И. Водоподготовка. Процессы и аппараты.//Учебное пособие для вузов. - М.: Атомиздат, 1977.
5. Кондратюк Е.В., Лебедев И.А., Комарова Л.Ф. Очистка сточных вод от ионов свинца на модифицированных базальтовых сорбентах // Ползуновский вестник. 2006. № 2-1.– С. 21–26.
6. Сомин В.А., Полетаева М.А., Комарова Л.Ф. Создание водооборотных систем с очисткой сточных вод от ионов тяжелых металлов // Ползуновский вестник. 2008. № 3.– С. 32–36.
7. Марченко Л. А., Боковикова Т. Н., Шабанов А. С. Сорбционная доочистка сточных вод // Экология и промышленность России. 2007. № 10. – С. 53-55.
8. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – Киев: Наука, 1981. – 172 с.
9. Дистанов У. Г., Михайлов А. С. Природные сорбенты СССР. – М.: Недра, 1990.
10. Глазкова Е. А., Стрельникова Е. Б., Иванов В. Г. Применение природных цеолитов месторождения Хонгуруу (Якутия) для очистки нефтесодержащих сточных вод // Химия в интересах устойчивого развития. – 2003. - № 6. – С. 849-854.
11. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод / М.: Химия, 1973. С. 376.
12. 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.

#### **Перспективы утилизации твердых бытовых отходов термическим методом\***

**Мухаметшина Э.И.**

*Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного учреждения науки Казанского научного центра Российской академии наук, Россия, г. Казань  
[emmi-84@mail.ru](mailto:emmi-84@mail.ru)*

Ежегодно в России образуется более 3 млрд. т отходов, и с каждым годом это число растет на 4-5 процентов. Ежегодно в республике Татарстан образуется до 12 млн. тонн отходов, из них промышленные отходы составляют в среднем 17 процентов, твердые бытовые отходы – 7.

Сложность решения проблем утилизации бытовых отходов обуславливается необходимостью применения капиталоемкого оборудования и трудностью решения многофакторной задачи эколого - экономического обоснования выбора конкретной технологии утилизации бытовых отходов (ТБО) [1].

В последнее время, в связи с заполнением старых полигонов и нехваткой земель для создания новых одним из перспективных направлений утилизации ТБО, является огневой способ переработки на мусоросжигательных заводах. Использование термической переработки твердых бытовых отходов, не только их обезвреживает, но и позволяет получать тепловую и электрическую энергию. При сжигании одной тонны твердых бытовых отходов можно получить порядка 1700 кВт·ч тепловой энергии или порядка 600 кВт·ч электроэнергии [2].

Метод термической переработки твердых бытовых отходов широко используется зарубежом. Широкое распространение метод получил в странах Западной Европы, США и Японии (таблица 1).

Производительность мусоросжигательного завода, в среднем до 500 т мусора в сутки. При этом из 1 т ТБО получается 170 кг биогаза, 400 кг органических удобрений, 50 кг металлолома.

Процесс сжигания осуществляется в топках с подвижной колосниковой решеткой. Топка соединена с котлом, в котором горячие газы отдают тепло. Стенки топки экранированы испарительными поверхностями – вертикальными рядами труб, по которым циркулирует вода и пар. В газоходах котла последовательно устанавливаются пароперегреватель и экономайзер для предварительного подогрева питательной воды за счет тепла отходящих газов. Перед выбросом в окружающую среду отходящие газы направляются в систему многоступенчатой газоочистки. Масса шлака составляет 25% от исходной массы мусора. Горячий шлак подают в бункер, затем в бак с водой, где он охлаждается до 80-90<sup>0</sup> С. Температура горения твердых бытовых отходов на колосниковой решетке составляет ~1000<sup>0</sup>С, температура дожига в топочном пространстве 1000-1200<sup>0</sup>С. Теплотехнологическая схема по сжиганию отходов приведена на рисунке 1 [3].

Таблица 1. Оценка использования термического способа за рубежом.

Страна	Использование метода термической переработки, %	Количество сжигаемых отходов, тыс.т/год
Австрия	48	500
Бельгия	55	2 300
Германия	43	17 000
Люксембург	50	-
Нидерланды	45	4 900
США	15	30 000
Япония	74	-

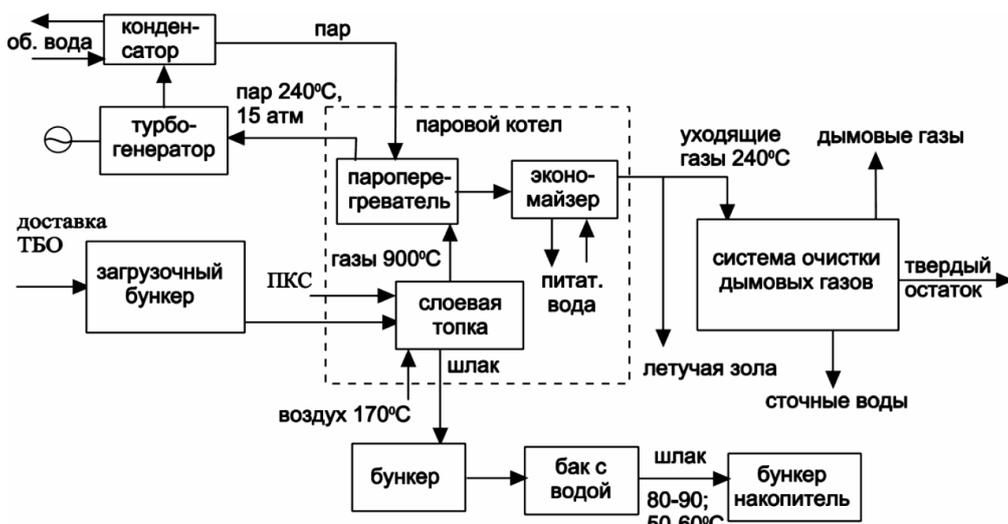


Рис. 1. Теплотехнологическая схема сжигания ТБО

Образующиеся дымовые газы после сжигания направляются на очистку. Классическая технология газоочистки от токсичных компонентов основана на введении парокрабамидной смеси (ПКС) в радиационную часть топочной камеры еще на стадии сжигания отходов (рисунок 2). В целях снижения выбросов тяжелых металлов, диоксинов и производных фурана в газодход перед реактором винтовым конвейером подается мелкодисперсный активированный уголь. Для очистки дымовых газов от кислых компонентов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ) используют известковое молоко, которое подают с помощью специального турбинного распылителя в квазисухой реактор. Очистка дымовых газов от золы, пыли, продуктов взаимодействия с известковым молоком и активированным углем производится с помощью рукавного фильтра импульсно-струйного типа, в котором пыль слоями оседает на внешней поверхности рукава[4].

Основной недостаток мусоросжигательных заводов - уходящие дымовые газы, имеющие в своем составе вредные примеси. Твердые бытовые отходы представляют собой гетерогенную смесь, содержащую химические элементы в виде различных соединений. При этом присутствуют опасные химические элементы, характеризующиеся высокой токсичностью, летучестью и содержанием соединений галогенов (фтора, хлора, брома), азота, серы, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, олова, ртути)[5].

Для управления и контроля за состоянием окружающей среды необходимо оценить объем и опасность загрязняющих веществ. Это возможно сделать путем учета источника и объекта негативного экологического воздействия.

В качестве метода эколого-экономической оценки представлен алгоритм, позволяющий провести последовательную оценку «экологизации» и определить пути совершенствования технологических систем утилизации твердых бытовых отходов, представленный на рисунке 3.

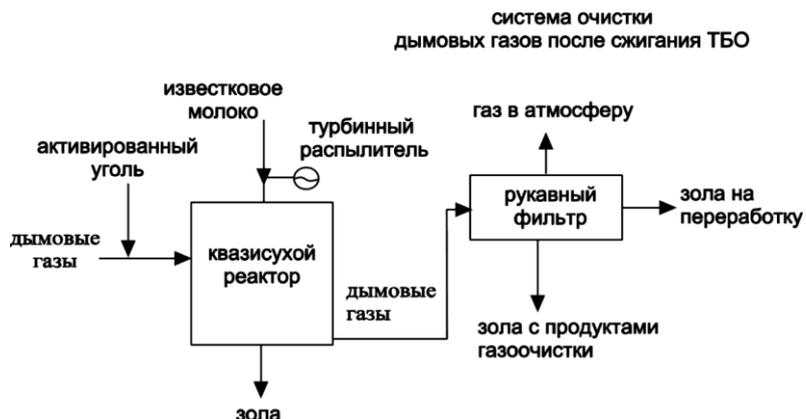


Рис. 2. Теплотехнологическая схема очистки дымовых газов после сжигания

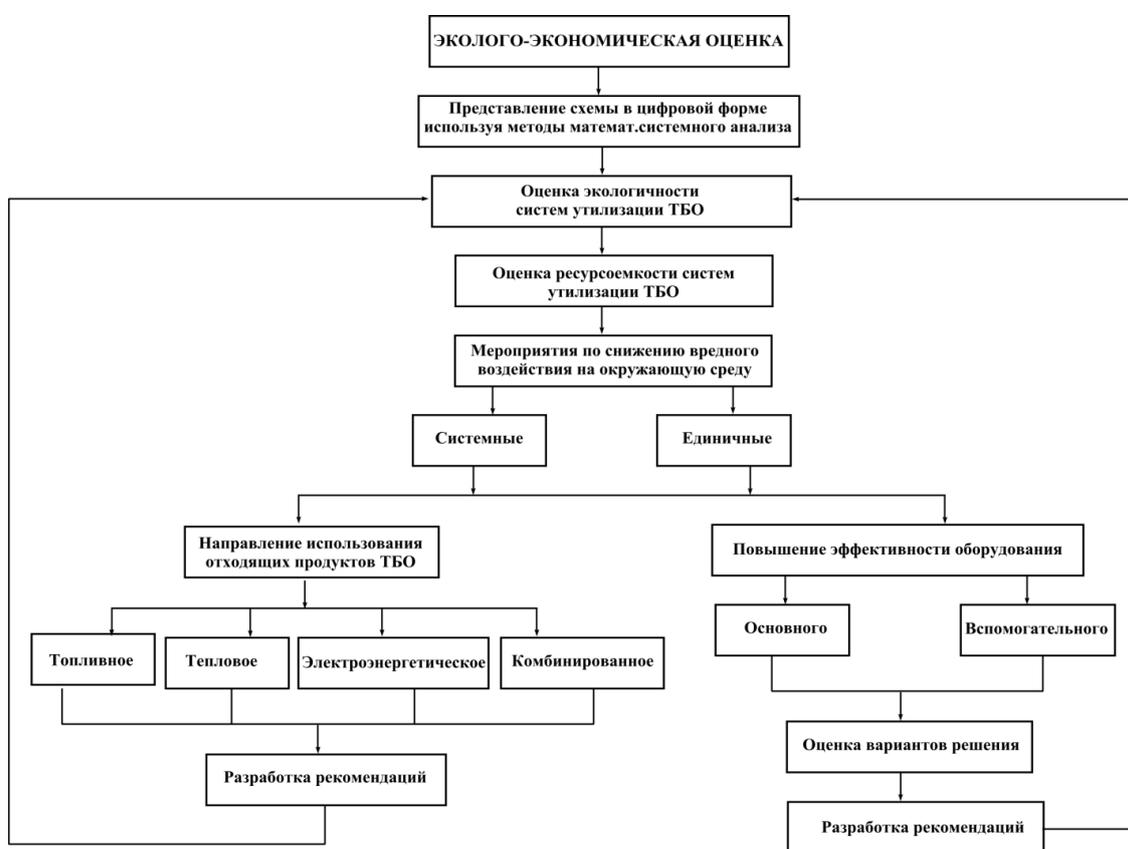


Рис. 3. Алгоритм проведения эколого-экономической оценки сжигания

\* 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. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России. – М.: 2012. - с. 29.
2. Балан Р.К. Термодинамический анализ огневой переработки твердых бытовых отходов. Диссертация. - Каракол.: 2010. - 150с.
3. Фридлан В.С., Щеголькова Н.М. Экологические и энергетические направления утилизации твердых бытовых отходов // Теплоэнергетика. –2008. - №12.С.13-19.

4. Гонопольский А.М., Дыган М.М., Кушнир К.Я.. Система очистки газов мусоросжигательного завода // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2010. - № 4. С. 42-45.
5. Свириденко А.И. Проблема выбора технологий утилизации твердых бытовых отходов // Симпозиум «Материальный и энергетический рециклинг твердых бытовых отходов». Гродно 2004. - С.4-9.

**Перспективы применения установок вентиляционных регенеративных компактных (УВРК)  
в учебных аудиториях**

**Назаревич В.В., Новоселов А.С.**

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия, Кемерово  
[nc42@mail.ru](mailto:nc42@mail.ru)*

Рассматриваемая тема является очередным этапом выполнения плана по снижению энергозатрат в Кузбасском государственном техническом университете (КузГТУ). Свежий воздух является самым необходимым фактором жизнедеятельности любого человека. Ежедневно человек вдыхает около 20 тыс. литров воздуха. Наличие вентиляционных систем на сегодняшний день признаётся жизненно важным, в отличие от кондиционеров, которые всё же не являются предметами первой необходимости. Поэтому требования к вентиляции, к её техническим характеристикам имеют не только силу закона, но и прописаны в СНиП. Чем бы человек не занимался, будь то работа или отдых, в закрытых помещениях при отсутствии притока свежего воздуха возрастает концентрация различных вредных веществ (углекислого газа и многих др.). Всё это негативно сказывается на здоровье человека.

Поставленную проблему можно решить, проветривая помещение. Однако в черте города не всегда это удаётся. Вместе со свежим воздухом внутрь помещения попадает: пыль, газы, выбрасываемые промышленными предприятиями, особенно в черте города.

Проблема вентиляции помещений становится особенно острой в связи с использованием герметичных окон, которые экономят тепло, обеспечивают снижение шума и запыленность, однако исключают поступление свежего воздуха в помещение. В невентилируемом помещении повышается температура, скапливается большое количество вредных для организма газов, т.е. возникают дискомфортные условия для человека. Для полноценного решения всех этих вопросов необходимо применять системы вентиляции воздуха. В КузГТУ в программу на 2012-2020 г. были включены вопросы устройства вентиляции с использованием энергосберегающих технологий. Для решения этого вопроса на первом этапе была выбрана и использована установка вентиляционная регенеративная компактная (УВРК) (рис. 1).

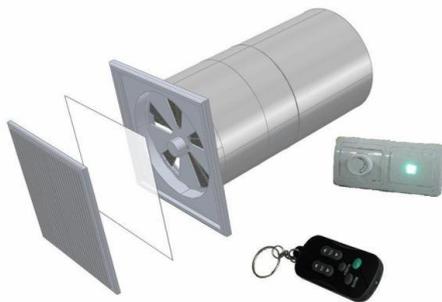


Рис. 1. Установка вентиляционная регенеративная компактная УВРК

На специально разработанном стенде (рис. 2) были исследованы эффективность и параметры рабочих режимов, подобран материал для регенеративной насадки.

Экспериментально определено что, за цикл работы установки, который равен сумме времени на удаление и приток воздуха, при наружной температуре  $T_n = 14,8^\circ\text{C}$ , скорость воздуха составила 0,17 м/с, расход воздуха 6,2 кг/ч. Подобранный насадка имеет пористость 87%, гидравлическое сопротивление 4 Па. Коэффициент аккумулирования теплоты за период одного цикла составил 99%. Анализ полученных результатов показывает, что если в условиях Кузбасса на нагрев воздуха в аудиториях на 30 человек при норме  $40 \text{ м}^3/(\text{час}\cdot\text{чел.})$  требуется 11,3 Мкал/час,

то в системе с УВРК требуется всего лишь 5,3 Мкал/час, т.е. в 2 раза меньше. Расчетная эффективность энергосбережения при сбалансированной вентиляции составляет [1]:

$$e = (T_{\text{п}} - T_{\text{н}}) / (T_{\text{в}} - T_{\text{н}}) = 0,49 = 49\%$$

где  $T_{\text{п}}$  – температура приточного воздуха, °С;  $T_{\text{н}}$  – температура наружного воздуха, °С;  $T_{\text{в}}$  – температура воздуха в помещении, °С.



Рис. 2. Оборудованный стенд

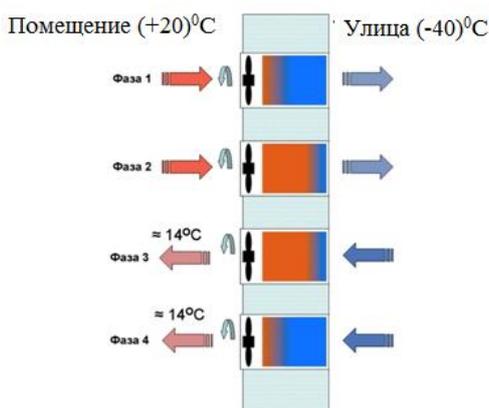


Рис.4. Рабочие фазы работы УВРК

Таким образом, исследования показали полную работоспособность установки с достаточно высоким снижением расхода тепла на вентиляцию. Принцип работы УВРК прост и естественен – напоминает дыхание человека в морозную погоду через шарф. При выдохе воздух нагревает шарф, при вдохе холодный воздух подогревается, проходя через ткань шарфа. Подобный принцип реализован во всех приборах УВРК. В приборе роль легких выполняет реверсивный вентилятор, а роль шарфа – высокоэффективный теплообменник – регенератор.

На рис. 3 показаны фазы работы установки. В фазах 1 и 2 теплый воздух (красная стрелка) из помещения вентилятором выбрасывается наружу, отдавая свое тепло насадке регенератора.

В фазах 3 и 4 холодный наружный воздух, подаваемый вентилятором в помещение, проходя через насадку регенератора установки, нагревается до определенной температуры и т.д.

Установка УВРК работает в 4 режимах:

- режим энергосбережения, с обеспечением притока свежего воздуха и удалением комнатного;
- режим проветривания (притока), как обычный приточный оконный вентилятор;
- режим вытяжки, как обычный вытяжной вентилятор;
- режим нерегламентированной естественной вентиляции, без включения вентилятора, как обычная форточка (типа приточного клапана – «альпийской форточки»).

Примеры установки УВРК показаны на рис. 4. Одной УВРК достаточно для обеспечения свежим воздухом одного помещения площадью до 30 м<sup>3</sup>.

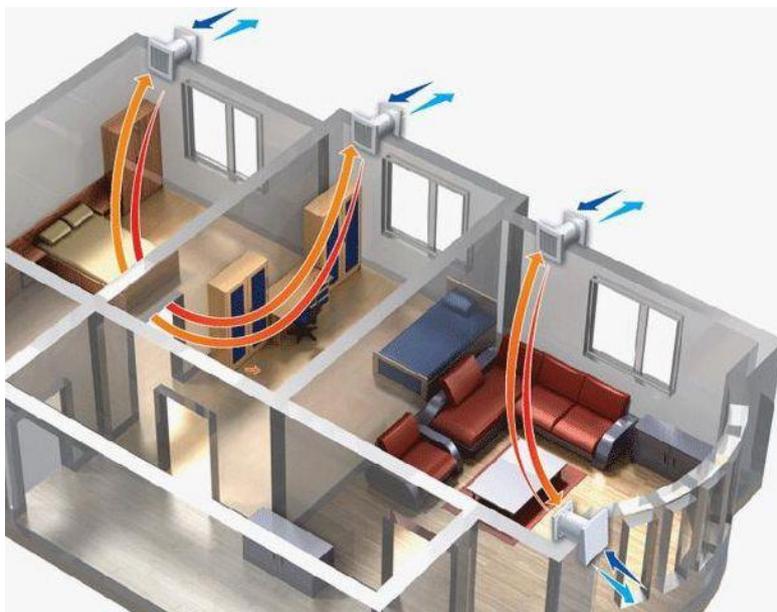


Рис. 4. Пример установки УВРК

Для эффективного проветривания двух помещений, между которыми есть сквозное отверстие, нужно установить УВРК в каждой комнате. Установленные в разных комнатах приборы работают синхронно в противофазе: когда один подает свежий воздух, второй удаляет из помещения отработанный воздух и наоборот. Горячий воздух, выходя на улицу через установку, отдает свое тепло насадке, а когда холодный воздух с улицы заходит в комнату он подогревается от насадки.



Рис. 5. Регенеративная вентиляционная установка в КузГТУ

Таким образом, использование УВРК позволяет получить не только экономическую эффективность, но и повысить комфортные условия в учебных аудиториях для студентов, что повысит их успеваемость. В настоящее время в КузГТУ производят монтаж и наладку первой регенеративной установки утилизации теплоты выбрасываемого вентиляционного воздуха, которая изображена на рис. 5.

#### Список литературы

1. Баскаков, А. М. Промышленные теплообменные процессы и установки / А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, О. Л. Данилова [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 328 с

**Влияние условий получения и длительности хранения на активность электровзрывных нанопорошков алюминия***Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Нанопорошки (НП) металлов благодаря своим уникальным свойствам успешно применяются при получении композиционных материалов, керамики, сорбентов для очистки сточных вод и технологических газов, в качестве реагентов и катализаторов в химическом синтезе, при создании газовых сенсоров. Изменение свойств НП металлов по сравнению с грубодисперсными металлами обусловлено увеличением доли поверхностных атомов. С высокой реакционной способностью НП металлов связаны вопросы обеспечения пожаробезопасности технологических процессов их производства и переработки.

Нанодисперсные металлы являются метастабильными системами [1, 2]. Даже при условии хранения НП металлов в инертной атмосфере, в них одновременно протекают процессы рекристаллизации, диффузионного спекания, диффузии продуктов восстановления воды и др. С целью разработки мероприятий по безопасному обращению с НП металлов представляет интерес исследование химической активности нанопорошков при их длительном хранении.

Для оценки устойчивости НП металлов к окислению при нагревании может быть использован метод термического анализа [2, 3]. С помощью таких параметров как температура начала окисления и скорость окисления, определяющих начало процесса разогрева горючих порошков и его интенсивность, можно установить потенциальную пожароопасность технологических процессов, связанных с использованием НП металлов. Данные ИК-спектроскопии позволяют судить о процессах, происходящих на поверхности частиц НП металлов при их длительном хранении.

В данной работе представлены результаты исследования влияния условий получения и длительности хранения на устойчивость электровзрывных нанопорошков алюминия (НП Al) при нагревании в воздухе.

НП Al были получены методом электрического взрыва проводников [4] в водороде ( $H_2$ ), аргоне (Ar) и в смеси аргона с азотом ( $Ar+N_2$ ). Все исследованные НП хранились в условно герметичной таре при 20 °C и относительной влажности 60–80 % в течение длительного времени: НП Al ( $H_2$ ) – 27 лет, НП Al (Ar), НП Al ( $Ar+N_2$ ) – 10 лет.

Ранее было установлено [1], что НП алюминия, полученные методом ЭВП, способны к самовоспламенению при контакте с воздухом. Стабилизация НП в воздухе возможна с помощью пассивирования поверхности, т. е. создания оксидно-гидроксидной защитной оболочки на частицах после их получения медленным напуском воздуха в разрядную камеру. При пассивировании происходит дрейф электронов от металла к окислителю, образуется несколько монослоев оксида алюминия. Основным окислителем НП металлов является протон, который образуется при диссоциации воды, адсорбированной из воздуха. Протоны диффундируют через оксидный слой к поверхности раздела «металл – оксид», а на поверхности оксидного слоя образуются оксидно-гидроксидные слои, толщина которых для электровзрывных НП Al составляет от 2 до 8 нм, а массовое содержание оксида алюминия может превышать 10 %. Авторы работы [1] предполагают, что пассивированные порошки относительно устойчивы к окислению при хранении в условно герметичной таре.

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов НП проводили с помощью рентгеновского дифрактометра «Shimadzu» XRD-7000. Согласно данным РФА в НП Al ( $H_2$ ) и НП Al (Ar) присутствует только фаза металлического алюминия (рис. 1), рентгеноаморфные фазы оксидов при помощи РФА не фиксируются. НП Al ( $Ar+N_2$ ) содержит две кристаллические фазы: металлический алюминий (85 %) и нитрид алюминия (25 %).

Размер и форму частиц анализировали с помощью сканирующего электронного микроскопа «Hitachi» TM-3000. По данным электронной микроскопии НП Al являются полидисперсными системами. В НП Al ( $H_2$ ) и НП Al (Ar) (рис. 2, а и б) присутствуют частицы микрометрового и нанометрового диапазонов. Форма крупных частиц близка к сферической с гладкой поверхностью, имеются отдельные агломераты частиц. Добавка азота к аргону при получении НП Al приводит к формированию на поверхности частиц нитрида алюминия и уменьшению содержания металлического алюминия, при этом дисперсность продуктов взрыва повышается. Предполагается [1], что образующийся в процессе ЭВП на поверхности частиц нитрид алюминия при

пассивировании окисляется и гидролизуется, поэтому защитной пленкой в этом случае также является оксид алюминия.

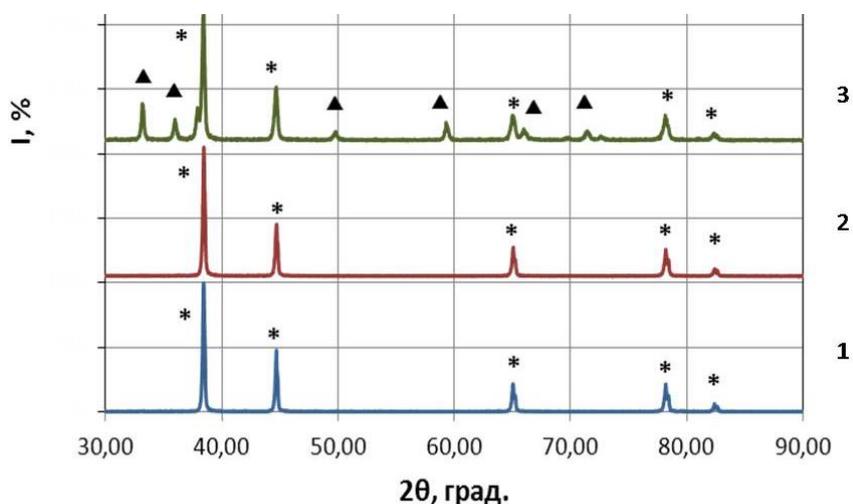


Рис. 1. Рентгенограммы нанопорошков алюминия, полученных в среде водорода – 1, аргона – 2, смеси аргона и азота – 3: Al (\*), AlN (▲)

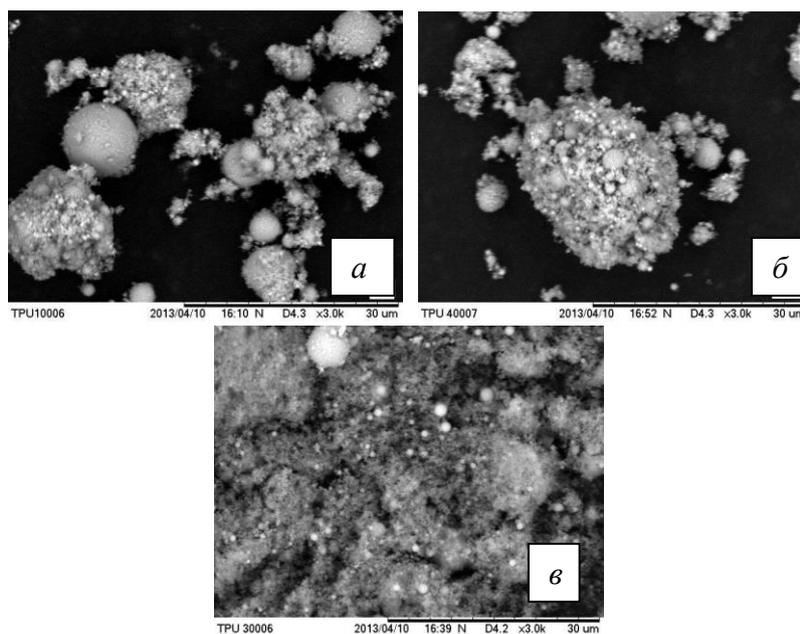


Рис. 2. Микрофотографии нанопорошков:  
НП Al (H<sub>2</sub>) – а, НП Al (Ar) – б, НП Al (Ar+N<sub>2</sub>) – в

Для оценки устойчивости НП Al к окислению при нагревании использовали совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600 в режиме линейного нагрева (10 °С/мин) в атмосфере воздуха в интервале температур 20...1000 °С. Масса исследуемых образцов составляла НП Al ~5·10<sup>-4</sup> г. Согласно данным термического анализа при нагревании в воздухе всех образцов происходит десорбция газообразных веществ, адсорбированных на поверхности частиц до 3 мас. %. Затем происходит резкое увеличение скорости роста массы и выделение теплоты. Интенсивное окисление образцов НП Al в воздухе начинается ниже стандартной температуры плавления алюминия (660 °С) и протекает в одну стадию для НП Al (Ar) и в две стадии для НП Al (H<sub>2</sub>) и НП Al (Ar+N<sub>2</sub>). НП Al (Ar) при нагревании в воздухе проявляет более высокую активность: увеличение скорости роста массы происходит резко, а выделение теплоты носит взрывоподобный

характер. Стадийность процессов окисления НП связана с полимодальным распределением частиц по диаметру и окислением сначала фракции более мелких частиц, а затем – более крупной.

Параметры химической активности исследуемых НП, необходимые для оценки устойчивости к окислению, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры химической активности электровзрывных нанопорошков

№	НП	Температура начала окисления, °С	Прирост массы по ТГ, %	Удельный тепловой эффект, Дж/г
1	Al (H <sub>2</sub> )	542	67,1	4127
2	Al (Ar)	510	61,9	6549
3	Al (Ar+N <sub>2</sub> )	531	48,8	3561

Для записи ИК-спектров в области 4000...400 см<sup>-1</sup> использовали ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700. В ИК-спектрах НП Al (рис. 3) присутствуют колебания ОН-связей в области 3000–3700 см<sup>-1</sup>, в большей степени проявляющиеся в спектрах образцов НП Al (H<sub>2</sub>) и Al (Ar+N<sub>2</sub>). Интенсивная полоса поглощения для образцов НП Al (H<sub>2</sub>) и Al (Ar) при ~935 см<sup>-1</sup> соответствует деформационному колебанию Al-OH. Полосы поглощения в области 420–560 см<sup>-1</sup> обусловлены колебаниями Al-O. Полоса поглощения 755 см<sup>-1</sup> в спектре образца НП Al (H<sub>2</sub>) характерна для тетраэдрически координированного алюминия в составе  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Полосы поглощения 1430–1480 см<sup>-1</sup> связаны с образованием карбонатных структур в результате хемосорбции CO<sub>2</sub> на поверхности наночастиц.

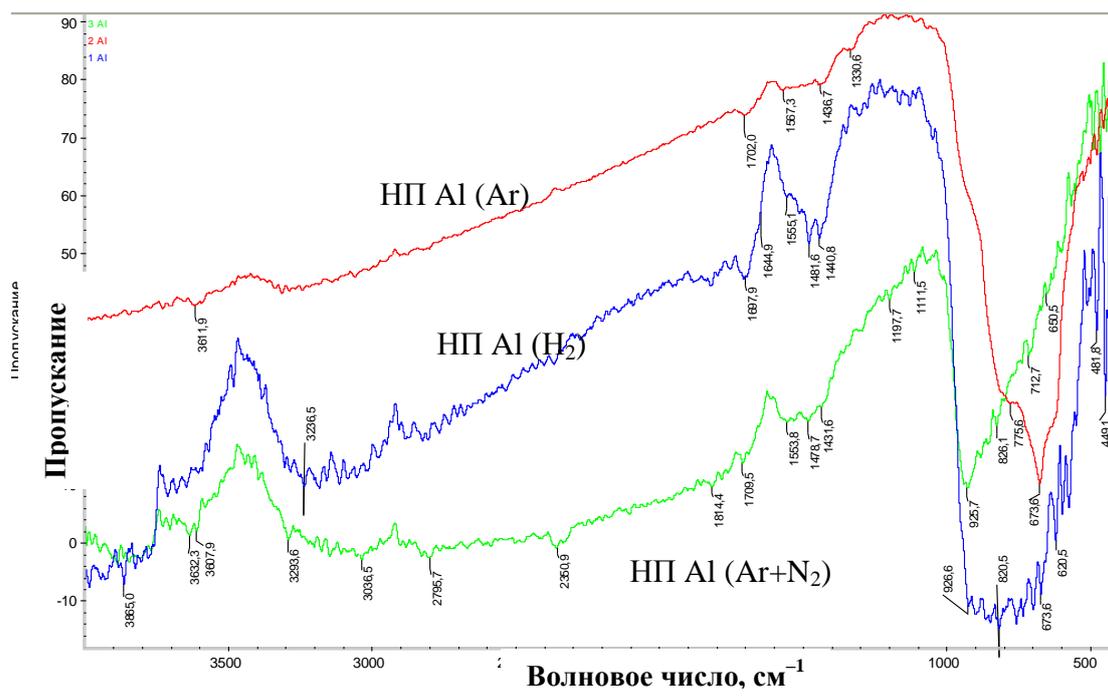


Рис. 3. ИК-спектры нанопорошков алюминия

Согласно [1, 5, 6] при обычных условиях на поверхности наночастиц алюминия формируется защитный рентгеноаморфный оксидно-гидроксидный слой, в состав которого входят гидроксиды: байерит  $\alpha$ -Al(OH)<sub>3</sub>, бемит  $\gamma$ -AlOOH. При длительном хранении протекает медленный процесс кристаллизации аморфных фаз, в результате которого, предположительно, аморфные гидроксиды кристаллизуются в низкотемпературную модификацию  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. ИК-спектроскопические исследования показали, что после длительного срока хранения (27 лет) кристаллизация поверхностных слоев частиц НП Al (H<sub>2</sub>) окончательно не завершена и оксидно-гидроксидные соединения сохраняют свою рентгеноаморфную структуру.

Результаты исследования химической активности и состояния поверхностного слоя наночастиц алюминия при помощи термического и ИК-спектроскопического методов анализа показали, что даже после длительного хранения НП Al остаются достаточно активными при нагревании, что объясняется наличием защитных оксидно-гидроксидных оболочек. Более высокой активностью характеризуются НП Al, полученные в среде аргона (длительность хранения – 10 лет). НП Al, полученные в водороде, даже после долгого времени хранения (27 лет) более активны, чем НП Al, полученные в смеси аргона и азота. Это объясняется тем, что водород характеризуется более высокой теплопроводностью и обеспечивает более эффективное охлаждение продуктов взрыва, а также водород как восстановитель обладает защитными для порошков металлов свойствами. Как известно [1], НП Al, полученные в водороде, содержат на 2–5 мас. % больше металлического алюминия, чем НП, полученные в других газах, и более устойчивы при их последующем хранении.

Исследования термической устойчивости нанопорошков металлов и закономерностей их окисления при нагревании в воздухе могут быть использованы для диагностики пожароопасности нанодисперсных металлов и стать основой для разработки мероприятий по безопасному обращению с ними.

*Работа выполнена в рамках реализации межинститутского исследовательского проекта ТПУ 2013 года, а также при поддержке грантов ФЦП ГК № 16.552.11.7063 и № 14.518.11.7017.*

#### Список литературы

1. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. и др. Горение нанопорошков металлов. – Томск: Дельтаплан, 2008. – 382 с.
2. Ильин А.П., Яблуновский Г.В., Громов А.А. Об активности порошков алюминия // Физика горения и взрыва. – 2001. – Т. 37. – № 4. – С. 58–62.
3. Назаренко О.Б. Особенности диагностики электровзрывных нанопорошков металлов // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 11. – С. 42–45.
4. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. Особенности получения нанопорошков в условиях электрического взрыва проводников. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 223 с.
5. Радишевская Н.И., Чапская А.Ю., Львов О.В. и др. Состав и структура оксидно-гидроксидной оболочки на частицах нанопорошка алюминия // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 3. – С. 19–23.
6. Коршунов А.В. Влияние размеров и структуры частиц порошков алюминия на закономерности их окисления при нагревании на воздухе // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 3. – С. 5–11.

#### Использование нанопорошка нитрида алюминия в качестве пламягасящей добавки

*Ильин А.П., Назаренко О.Б., Баталова А.Ю.*

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

**Введение.** Полимерные материалы широко используются в различных отраслях промышленности и в быту. В частности, полиолефины применяются для изготовления упаковочного материала, в строительстве в качестве гидроизоляционных пленок, напорных и безнапорных труб в системах водоснабжения и канализации, дренажных труб, санитарно-технических изделий, фитингов и т. д. Из класса полиолефинов наибольшее применение получили полиэтилен, полипропилен и сополимеры этилена и полипропилена. Основными недостатками полиолефинов и строительных материалов на их основе являются низкая термостойкость и повышенная пожарная опасность. Они относятся к легковоспламеняющимся материалам, разложение которых протекает без образования коксового остатка: кислородный индекс равен 17,4...18,2 %, температура воспламенения равна 325...345 °С, температура самовоспламенения – 345...390 °С [1].

Снижение горючести полимерных материалов является актуальной проблемой. Для улучшения свойств полимеров используются различные типы наполнителей: фосфор- и азотсодержащие соединения, полибромированные дифенилы и дифенилоксиды, оксиды сурьмы, гидроксиды металлов и др. При использовании наполнителей следует учитывать, что введенные в полимер добавки могут улучшать одни характеристики материала, но снижать при этом другие.

Трудность решения задачи снижения горючести полимеров связана с поиском эффективных наполнителей, не снижающих физико-химические и физико-механические свойства полимеров. Решением проблемы могут стать нанодисперсные пламягасящие добавки. Введение в полимер наночастиц приводит к изменению его структуры на молекулярном, топологическом и надмолекулярном уровнях. При введении в полимеры наночастиц в количестве от 0,1 до 10 мас. % наблюдается эффект экстремального изменения большинства физико-химических свойств полимерного материала.

Предварительные исследования показали перспективность использования электровзрывных нанопорошков как пламягасящих добавок к полиолефинам. В работе [2] представлены результаты исследований термостабильности полипропилена с добавками нанопорошков (НП) гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , байерита  $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , бемита  $\gamma\text{-AlOOH}$  и низкотемпературной модификации оксида алюминия  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Все добавки, за исключением  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , кроме их устойчивости к окислению при нагревании до 400 °С, отщепляют воду в эндотермических процессах. Результаты исследований свидетельствуют об уменьшении скорости окисления полипропилена при наполнении полимера от 0,5 до 10 мас. % гиббситом и байеритом.

В работе [3] показана возможность применения НП, полученных методом электрического взрыва проводников (ЭВП), в качестве модификаторов полиэтилена высокого давления для изготовления композиционных материалов с повышенной стойкостью к растрескиванию. Исследования влияния малых добавок ( $\leq 1$  мас. %) наполнителей на основе электровзрывных НП  $\text{AlN}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на стойкость к растрескиванию полиэтилена высокого давления показали [4], что для материала, наполненного НП  $\text{AlN}$  (0,075 мас. %) со среднеповерхностным диаметром частиц 0,12 мкм стойкость к растрескиванию возросла в 7 раз в сравнении с полиэтиленом без добавок.

В данной работе исследована возможность применения нанодисперсного нитрида алюминия в качестве пламягасящей добавки к полиэтилену.

**Методики исследования.** Объектом исследования являлся полиэтилен высокого давления ПЭВД марки 10803-020 (ГОСТ 16377-77). Нанопорошки  $\text{AlN}$  получены методом ЭВП в атмосфере аргона и азота [5]. Площадь удельной поверхности НП составила  $S_{\text{AlN}} = 21,5 \text{ м}^2/\text{г}$ , среднеповерхностный диаметр –  $a_{\text{sAlN}} = 0,095 \text{ мкм}$ . Для улучшения адгезионной связи между полимерной матрицей и нанопорошками было проведено аппретирование поверхности нанопорошков стеариновой кислотой. Аппретирование приводит к уменьшению количества агломератов наполнителя и улучшению взаимодействия между макромолекулами полимера и частицами нанопорошка, при этом больший эффект получается от наполнения при меньшем количестве модификатора в смеси. Концентрация НП  $\text{AlN}$  в полиэтиленовой матрице составляла 0,1; 0,25; 0,75; 1,5 и 3,0 мас. %. Образцы наполненного полиэтилена были приготовлены с помощью экструдера ДСК 42/7.

Оценка эффективности добавок нанопорошков проводилась методами термогравиметрического анализа (Q-1500D) и оптической микроскопии (МБИ-6).

**Результаты и их обсуждение.** Термические характеристики образцов полиэтилена, модифицированного НП  $\text{AlN}$ , представлены в таблице:  $C_{\text{AlN}}$  – концентрация наполнителя, мас. %;  $T_{\text{н.пл.}}$  – температура начала плавления, °С;  $T_{\text{ок}}$  – температура начала окисления, °С;  $T_{\text{инт}}$  – температура начала интенсивной потери массы, °С.

Таблица. Термические характеристики полиэтилена, модифицированного нанопорошком нитрида алюминия

$C_{\text{AlN}}$ , мас. %	$T_{\text{н.пл.}}$ , °С	$T_{\text{ок}}$ , °С	$T_{\text{инт}}$ , °С
0	80	150	360
0,1	85	180	-
0,25	80	179	360
0,75	78	178	370
1,5	80	183	375
3	80	179	360

При наполнении полиэтилена НП  $\text{AlN}$  с концентрацией 0,1 мас. % наблюдался рост температуры начала плавления образца на 5 °С по сравнению с исходным образцом полиэтилена; температура начала окисления в этом случае увеличилась на 30 °С. Существенный рост температуры начала окисления на 33 °С наблюдался для образца НП  $\text{AlN}$  1,5 мас. %, также для

этого образца обнаружено увеличение температуры начала интенсивной потери массы на 15 °С по сравнению с полиэтиленом без добавок.

Введение НП в полимер характеризуется более существенным влиянием на термическую устойчивость образцов по сравнению с микропорошками, введенными в полимер в тех же самых концентрациях [3]. Значительный рост температуры начала интенсивной потери массы при нагревании свидетельствует о влиянии НП на структуру полиэтиленовой матрицы в процессе термической деструкции материала.

На рис. 1 показано изменение температуры начала интенсивной потери массы  $T_{\text{инт}}$  образцов полиэтилена в зависимости от концентрации НП AlN. Для сравнения представлены данные по влиянию на этот параметр добавок микропорошка (МП) AlN [3] с диаметром частиц 40 мкм. Для исходного полиэтилена  $T_{\text{инт}} = 360$  °С, а при содержании нитрида алюминия в полиэтилене 1,5 мас. %  $T_{\text{инт}} = 375$  °С. Повышение температуры начала интенсивной потери массы (деструкции) происходит за счет химического взаимодействия нитрида алюминия с гидропероксидами, снижение концентрации которых положительно влияет на скорость термоокислительной реакции. Данная закономерность связана с уменьшением степени кристалличности полиэтиленовой матрицы.

На рис. 2 представлены зависимости потери массы от температуры для исходного полиэтилена и образца, наполненного 1,5 мас. % НП AlN. Полученные результаты показывают, что добавление НП AlN улучшило термическую стабильность полиэтилена.

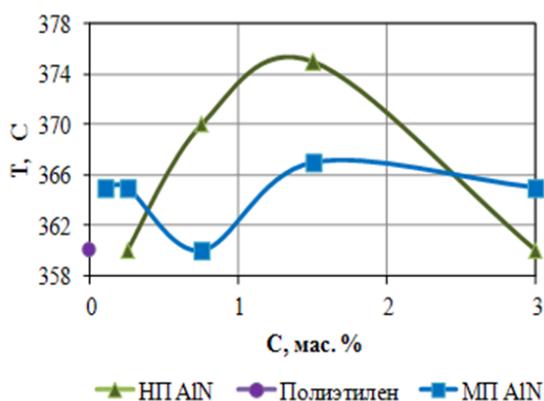


Рис. 1. Зависимость температуры начала интенсивной потери массы  $T_{\text{инт}}$  образцов полиэтилена от концентрации НП и МП AlN

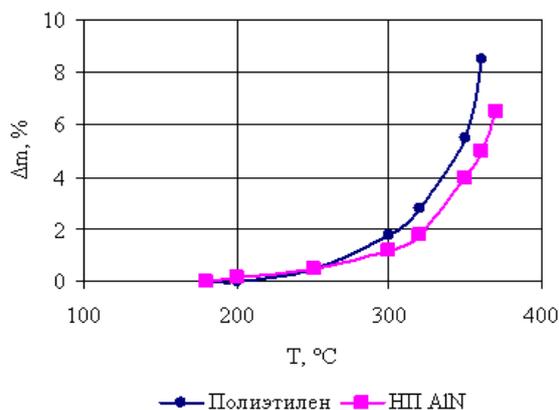
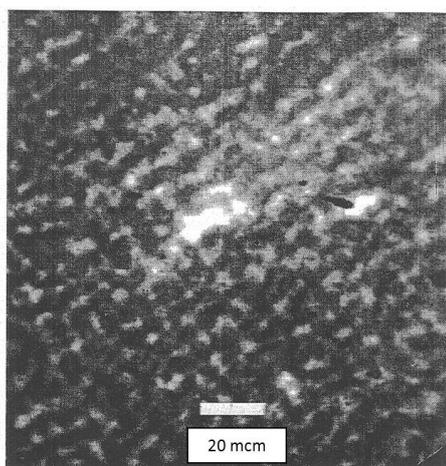
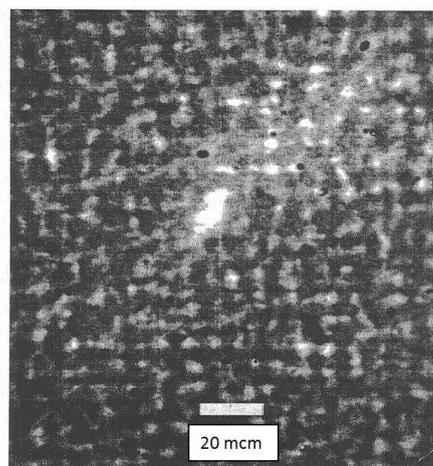


Рис. 2. Зависимость потери массы от температуры ( $C_{\text{AlN}} = 1,5$  мас. %)



а



б

Рис. 3. Микроструктура полиэтилена, наполненного НП AlN: а – 0,5 мас. %; б – 1,0 мас. %

Исследование структуры образцов показало, что НП AlN при малых концентрациях (< 1 мас. %) являются центрами кристаллизации и способствуют формированию мелкокристаллической структуры полиэтилена. При увеличении содержания наполнителя в полиэтиленовой матрице возрастает вероятность возникновения агломератов.

**Заключение.** Изучены термические параметры образцов полиэтилена, наполненного нанопорошками AlN. Термическая устойчивость выше для образцов полиэтилена с НП AlN концентрацией 0,1–3 мас. %. Результирующий эффект объясняется влиянием наночастиц на микроструктурные характеристики полиэтилена. Наночастицы являются центрами кристаллизации и участвуют в создании мелкокристаллической структуры. Таким образом, наночастицы нитрида алюминия могут быть использованы как наполнители полиэтилена для улучшения как механических свойств так и для снижения горючести.

Будущие исследования будут сфокусированы на более детальном исследовании параметров горючести полимерных материалов с различными нанодисперсными пламягасящими добавками.

*Работа выполнена в рамках реализации межинститутского исследовательского проекта ТПУ 2013 года, а также при поддержке грантов ФЦП ГК № 16.552.11.7063 и № 14.518.11.7017.*

#### Список литературы

1. Баратов А.Н., Андрианов Р.А., Корольченко А.Я. и др. Пожарная опасность строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1988. – с.
2. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. и др. Гидроксидные и оксидные порошки – эффективные пламягасящие добавки в полимеры // Проблемы и перспективы развития Томского нефтехимического комбината: Тез. докл. 10-го отраслевого совещания. – Томск, 1996. – С. 37.
3. Филиппов П.В. Модифицирование полиэтилена высокого давления добавками ультрадисперсных порошков: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Томск, 2003. – 19 с.
4. Ильин М.А., Верещагин В.И., Тихонов Д.В., Назаренко О.Б. Повышение стойкости к растрескиванию полиэтилена высокого давления, модифицированного ультрадисперсными порошками // Известия ТПУ. – 2007. – Т. 310. – № 1. – С. 99–101.
5. Назаренко О.Б. Электровзрывные нанопорошки: получение, свойства, применение / Под ред. А.П. Ильина. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2005. – 148 с.

#### Удаление фосфатов из сточных вод ОАО «Томское пиво»

*Нагорных Е.А., Зарубина Р.Ф., Назаренко О.Б.*

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Сточные воды на предприятия ОАО «Томское пиво» представлены двумя типами: ливневые и хозяйственно-бытовые. Большое количество хозяйственно-бытовых сточных вод образуется на стадии мойки и замачивания ячменя, промывки дрожжей, мойки производственных емкостей, трубопроводов, помещений, тары, а также при сборе последних промывочных вод варочного цеха. На солодовенных и пивоваренных предприятиях основной объем сточных вод образуется при гидротранспортировке, замачивании, мойке сырья и оборудования. Количество хозяйственно-бытовых сточных вод составляет 2500 м<sup>3</sup>/сутки, максимальное количество – 120 м<sup>3</sup>/ч.

Сточные воды предприятия являются высококонцентрированными, в них большую долю загрязнителей составляют органические вещества, которые имеют, как правило, естественное происхождение, т. е. образуются в результате жизнедеятельности микроорганизмов или являются остатками сырья растительного происхождения. В составе сточных вод пивоваренного завода присутствуют остатки пивного сула, дрожжи и остатки пива, которые поступают при мойке бутылок.

В табл. 1 представлены усредненные результаты анализа состава сточных вод за период 2007–2009 гг. Анализ проб сточных и природных подземных вод осуществляет аккредитованная гидрохимическая лаборатория ОАО «Томскгеомониторинг». Отбор проб производится не реже одного раза в квартал либо по необходимости. Результаты анализа оформляются в виде протоколов. Для сравнения в табл. 1 показаны значения допустимой концентрации, установленной распоряжением департамента городского хозяйства Администрации г. Томска 19.05.2010 г. Из представленных данных видно, что средние годовые значения большинства показателей, в том

числе фосфатов, превышают требования разрешительного документа. Таким образом, требуется разработка системы очистки сточных вод на предприятии.

В работах [1, 2] была показана возможность очистки воды от фосфат-ионов при использовании в качестве фильтрующей загрузки природного цеолита Бадинского месторождения. Установлено, что удаление фосфатов происходит в результате образования труднорастворимых соединений кальция. При скорости фильтрования 0,7 мл/мин удалось добиться эффективности удаления фосфатов 78 %. Целью данной работы являлось исследование возможности очистки от фосфатов сточных вод ОАО «Томское пиво».

Природные цеолиты находят все большее применение в практике очистки сточных и питьевых вод. Природные цеолиты представляют собой каркасные алюмосиликаты с трехмерной упорядоченной структурой, пронизанной микропористой системой каналов и полостей [3, 4]. Они обладают уникальной комбинацией физических, физико-химических, адсорбционных и ионообменных свойств. Цеолиты являются природными катионообменными материалами и успешно используются для очистки воды от катионов тяжелых металлов и аммонийного азота. Удаление анионов из воды с помощью цеолитов возможно после их предварительного модифицирования.

Таблица 1. Состав сточных хозяйственно-бытовых и производственных вод ОАО «Томское пиво» (2007–2009 гг.)

Показатель	Максимальный	Усреднённый годовой	ДК, мг/л
взвешенные вещества, мг/л	23333	1061	150
сухой остаток, мг/л	3069	2080	472
pH	8,6	7,7	8,5
ХПК, мгО/л	35333	3300	-
БПК <sub>5</sub> , О/л	11200	497	166,7
азот аммонийный, мг/л	23,4	9,98	10,0
нитриты, мг/л	54	0,17	0,17
железо общее, мг/л	1,91	1,3	1,095
хлориды, мг/л	345	41,9	60,0
сульфаты, мг/л	304	19,5	30,0
нитраты, мг/л	88	9,3	3,0
фосфаты, мг/л	59,25	2,62	2,0
фенолы, мг/л	2,64	0,02	0,002
нефтепродукты, мг/л	1,224	0,31	1,0
метанол, мг/л	0,363	0,363	0,5
формальдегид, мг/л	0,16	0,16	0,6
кремний, мг/л	24,3	11,97	10,0
мочевина, мг/л	73,4	20,3	50,0
цинк, мг/л	0,043	0,043	0,028
никель, мг/л	<0,01	<0,01	0,03

В работе для проведения экспериментов по очистке воды использовали цеолит Бадинского месторождения (Читинская обл.). Химический состав бадинского цеолита представлен в табл. 1. По химическому составу данная цеолитовая порода относится к высококремнеземистой, характеризуется высоким отношением Si/Al, общее содержание SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 79,4...84 %.

Таблица 2. Химический состав природного цеолита Бадинского месторождения

Компонент	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Состав, мас. %	68,0–72,0	0,6–0,8	11,4–12,0	0,16	2,1–3,7	0,6–1,7	2,6–4,8	0,4–1,5

Согласно результатам рентгенофазового анализа цеолит Бадинского месторождения состоит из клиноптилолита (70–80 %), а также примесных пород – кварца, монтмориллонита, полевого шпата и кристобалита [1, 2, 5]. С помощью термического анализа определено, что образец бадинского цеолита содержит в своем составе связанную и сорбированную воду [1, 5]. Потеря веса при нагревании образца бадинского цеолита до 1000 °С составила 10,0 %. причем

максимальная потеря адсорбированной воды ~6 % наблюдалась в температурном диапазоне от 80 до 300 °С. С помощью ИК-спектроскопии установлено наличие характерных для фазы клиноптилолита структурных групп.

В эксперименте использовался цеолит объемом 70 мл фракции 1–2 мм. Через колонку с цеолитом предварительно был пропущен модельный раствор ионов кальция  $\text{Ca}^{2+}$  (с концентрацией 10 мг/л) для перевода его в кальциевую форму. После этого цеолит промыли дистиллированной водой.

Фосфаты на предприятии ОАО «Томское пиво» используются для мойки оборудования, их добавляют к каусту (NaOH) при мойке бутылок. В период отбора стоков проходила мойка растворами каустической соды (концентрация щелочи 1–1,5 %) и азотной кислоты (концентрация 2 %) оборудования (емкостей хранения квасного сула квасного участка, емкостей отделения брожения квасного участка (бродильно-купажного танка)), слив дрожжей и другие технологические процессы.

Фильтрация через колонку с цеолитовой загрузкой производилась со скоростью 5–6 мл/мин. Последовательно производился отбор 500 мл фильтрата (последовательно в колбы по 50–100 мл). Отобранные пробы консервировались раствором хлороформа (2 мл раствора на 500 мл пробы). Определение фосфатов проводили по методике РД 52.24.382-2006 «Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом».

Эффективность удаления фосфатов  $\mathcal{E}$  рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{оч}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100\%,$$

где  $C_{\text{исх}}$  – концентрация фосфат-аниона в исходном растворе;  $C_{\text{оч}}$  – концентрация фосфат-аниона в очищенном растворе.

На рис. 1 показана зависимость эффективности удаления фосфатов из сточной воды при пропускании ее через цеолит. Эффективность очистки сточных вод от фосфатов составила 80 % при пропускании через фильтр 500 мл очищаемой воды.

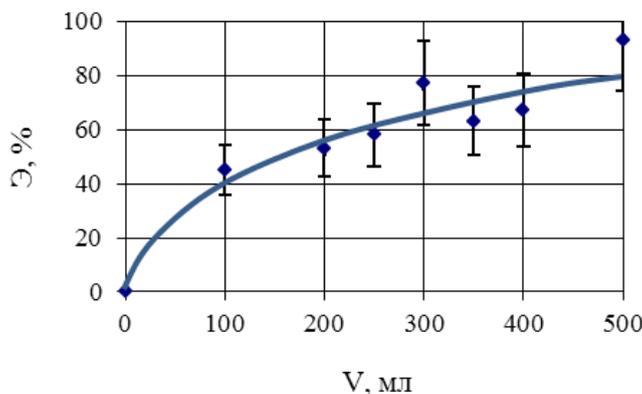


Рис. 1. Эффективность удаления фосфат-ионов в зависимости от объема фильтрата

Механизм очистки воды от фосфатов показан на схеме (рис. 2). Для обогащения цеолита ионами кальция предлагается использовать цеолитовый фильтр на стадии умягчения воды в процессе водоподготовки. В настоящее время для этих целей на ОАО «Томское пиво» воду пропускают через катионообменную смолу КУ-2-8 [6]. При этом жесткость воды снижается путем замены ионов натрия на катионообменной смоле на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из фильтруемой воды. После прохождения через смолу определенного количества воды проводится регенерация фильтра в автоматическом режиме 8–12 % раствором NaCl. Смола заряжается новыми ионами натрия, а ионы кальция и магния в процессе регенерации удаляются в дренаж [6]. В случае умягчения воды с использованием цеолита после его насыщения ионами кальция можно осуществлять подачу на фильтр сточной воды после мойки оборудования с повышенным содержанием фосфатов.

В процессе фильтрации сточной воды через цеолит ионы кальция цеолита в ходе ионного обмена замещаются ионами натрия из раствора и поступают в обрабатываемую воду, где связывают фосфаты в труднорастворимые соединения, которые затем отфильтровываются.

Предположительно, при этом происходит образование труднорастворимого ортофосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , который имеет произведение растворимости  $2,0 \cdot 10^{-29}$ .

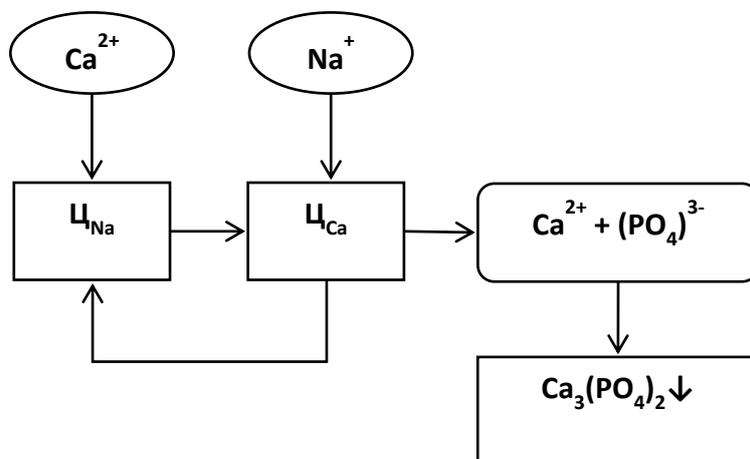


Рис. 2. Механизм удаления фосфатов из сточных вод при фильтровании через цеолитовую загрузку

Таким образом, в данной работе показана возможность использования природных цеолитов для очистки сточных вод предприятия ОАО «Томское пиво» от фосфатов, которые используются на стадии мойки оборудования. Показано, что эффективность очистки достигает 80 %. Для достижения высоких показателей очистки и выбора оптимальных условий необходимо проведение более детальных исследований.

#### Список литературы

1. Назаренко О.Б., Зарубина Р.Ф. Применение бадинского цеолита для удаления фосфатов из сточных вод // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 3. – С. 11–14.
2. Вейсгейм А.С., Зарубина Р.Ф., Нагорных Е.А., Назаренко О.Б. Изучение возможности очистки воды от фосфатов на фильтре с цеолитовой загрузкой // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы докладов восемнадцатой всероссийской научно-технической конференции (Томск, 5–7 Декабря 2012). – Томск: СПБ Графика, 2012. – С. 336–339.
3. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1976. – 781 с.
4. Челищев Н.Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л. Ионнообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
5. Вейсгейм А.С., Зарубина Р.Ф., Назаренко О.Б. Удаление железа из скважинной воды на фильтре с загрузкой из Бадинского цеолита [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. – 2012. – Т. 5. – № 4. – С. 23–30.
6. Богданова Я.Н., Назаренко О.Б. Анализ технологий производства питьевой бутилированной воды // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Материалы докладов семнадцатой Всероссийской научно-технической конференции (Томск, 7–8 декабря 2011). – Томск: Изд-во СПБ Графика, 2011. – С. 309–312.

#### Исследование физико-химических свойств природных цеолитов Монголии

*Батдемберел Г. \*, Назаренко О.Б. \*\*, Татарнинова Е.Н. \*\**

*\*Монгольский университет науки и технологии, Монголия, г. Улан-Батор*

*\*\* Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

**Введение.** Природные минералы широко используются в качестве сорбентов для удаления вредных веществ из загрязненных вод. Все большее применение в практике очистки сточных и питьевых вод находят природные цеолиты – каркасные алюмосиликаты с трехмерной упорядоченной структурой, представляющую собой систему полостей, соединенных между собой

каналами [1, 2]. Природные цеолиты обладают уникальными адсорбционными и ионообменными свойствами, а также возможностью многократной регенерации.

Месторождения природных цеолитов со значительными запасами имеются в США, Японии, Южной Африке, России, Словакии, Болгарии, Турции, Италии и других странах. В Монголии геологические исследования цеолитовых месторождений начались с 1986 года и к настоящему времени выявлено несколько десятков разномасштабных геологических проявлений цеолитов, расположенных преимущественно на юге, юго-востоке и северо-востоке. Образованию цеолитовых месторождений способствовала тектоническая и палеогеографическая обстановка территории Южной Монголии. По данным [3] цеолиты образованы при взаимодействии нейтральных или слабощелочных слабоминерализованных вод палеозер с кислым или умереннощелочным вулканическим стеклом. Количество цеолитов в породах колеблется от 3 до 90 % объема породы. Максимальные содержания цеолитов (60–90 %) приурочены к прослоям кислых витрокластических туфов, меньше их в туффитах, туфопесчаниках и других породах. В прослоях осадочных пород цеолиты отсутствуют либо содержание их ничтожно мало. Большая часть объема цеолитосодержащих туфов представлена клиноптилолитом, также обнаружены феррьерит, шабазит и эрионит.

Целью данной работы являлось исследование физико-химических характеристик природных цеолитов Ургунского и Цагаанцавского месторождений, необходимое для обоснования возможности их использования в процессах очистки воды. Месторождения Ургун и Цагаанцав расположены в южной части Монголии (рис. 1) и являются перспективными объектами для развития экономики Монголии [4].



Рис. 1. Географическое расположение цеолитовых месторождений Ургун и Цагаанцав на территории Монголии

**Материалы и методики экспериментов.** Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов природных цеолитов выполнен с помощью рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD-7000. Размер и форму частиц анализировали с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM-3000. Для тестирования термической устойчивости образцов цеолитов использовали совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600 в режиме линейного нагрева (10 °С/мин) в атмосфере воздуха в интервале температур 20...800 °С. Для записи ИК-спектров в области 4000...400 см<sup>-1</sup> использовали ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700. Элементный состав образцов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с помощью спектрометра Quant'X.

**Результаты и обсуждение.** С помощью РФА определен минералогический состав цеолитовых пород (рис. 2). Исследуемые образцы содержат в своем составе клиноптилолит, а также примесные породы – кварц, монтмориллонит, полевои шпат и кристобалит.

На рис. 3 показан внешний вид исследуемых пород, а также микрофотографии, полученные с помощью электронного микроскопа.

Спектры цеолитов, полученные методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии, показаны на рис. 4. В таблице приведен элементный состав образцов цеолитовых пород. Содержание элементов определяли по интенсивности аналитических линий определяемых элементов. Отношение основных составляющих катионов Si/Al составляет для цеолита Ургунского месторождения 4,32, а для цеолита месторождения Цангаавцав – 4,72. Эти данные говорят о высоком качестве цеолитов – их высокой термо- и кислотостойкости.

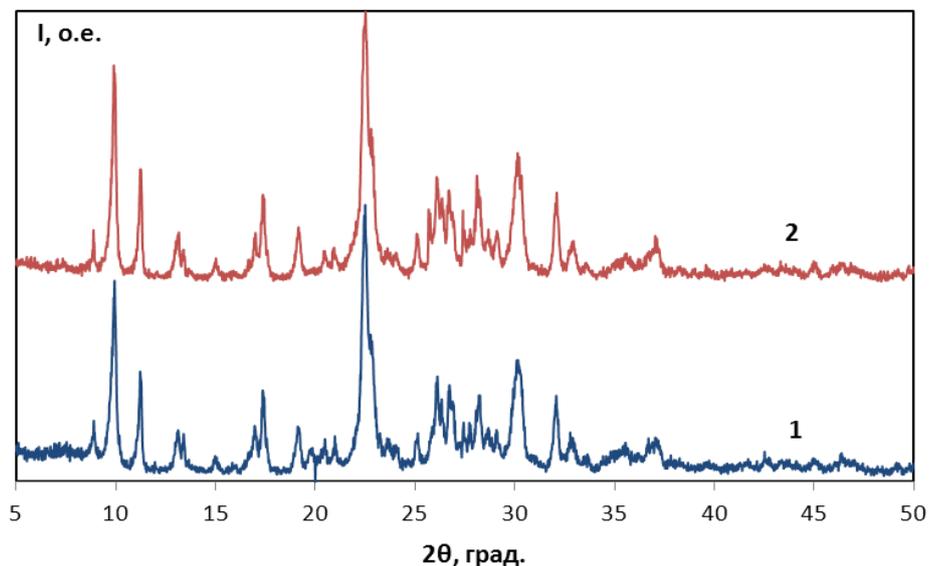


Рис. 2. Рентгенограммы образцов цеолитов месторождений Ургун (1) и Цагаанцав (2)

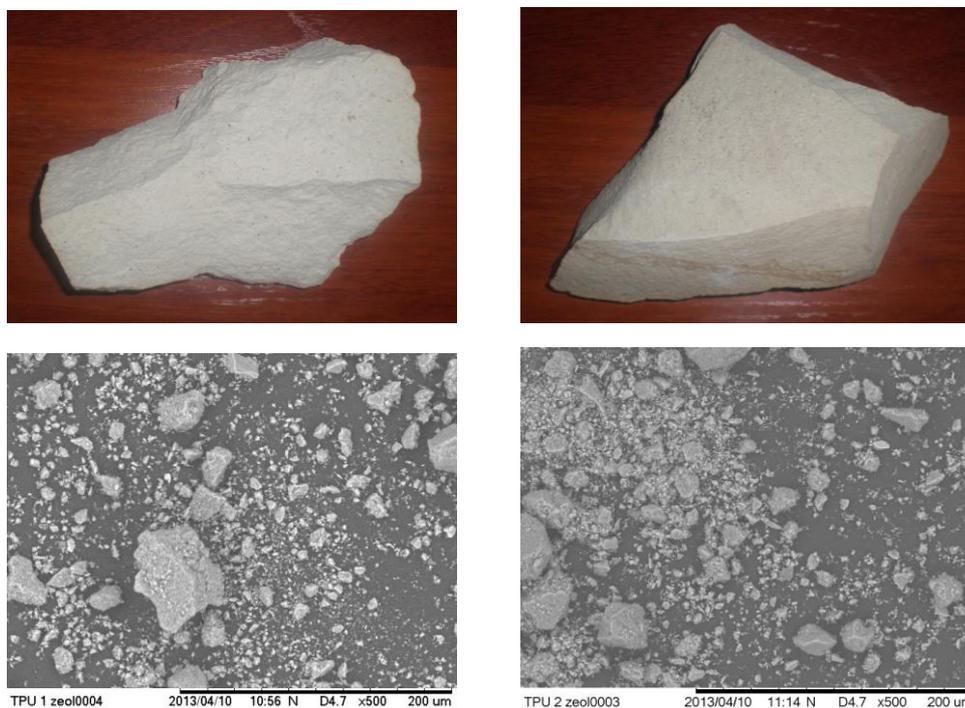


Рис. 3. Общий вид и микрофотографии природных цеолитов месторождений Ургун (а) и Цагаанцав (б)

Результаты исследования термической устойчивости монгольских цеолитов показали, что снижение веса при нагревании образцов до  $1000^\circ\text{C}$  составило до 9,5 %, что позволяет для

улучшения сорбционных свойств использовать термическое модифицирование.

Наличие характерных для фазы клиноптилолита структурных групп в образцах цеолитов установлено методом ИК-спектроскопии. Наиболее интенсивная полоса поглощения наблюдается при  $1040\text{ см}^{-1}$  и отвечает колебанию связи Si–O–Si. Полосы поглощения  $800,5$  и  $780,5\text{ см}^{-1}$  связаны с валентными колебаниями связи Al–O, а  $473,2\text{ см}^{-1}$  – с деформационными колебаниями Al–O<sub>4</sub>. С наличием цеолитной воды связаны полосы поглощения в диапазоне  $3253\text{--}3734\text{ см}^{-1}$ ,  $1612,4\text{ см}^{-1}$  – полоса деформационных колебаний молекул воды.

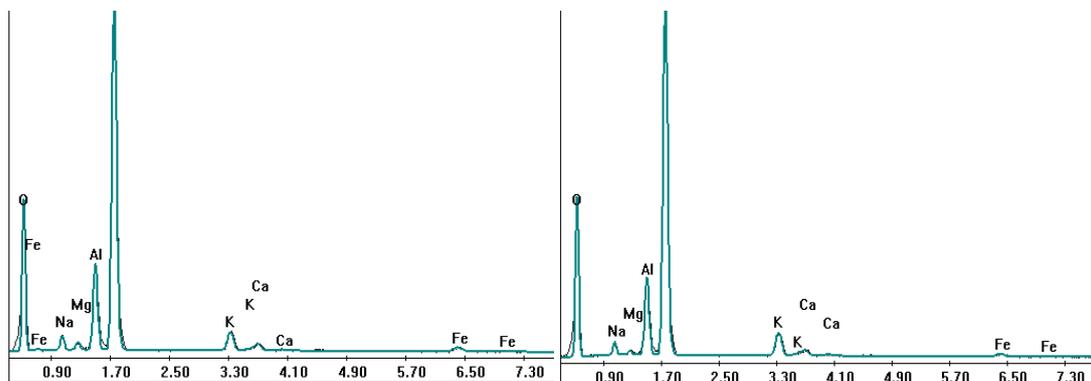


Рис. 4. Рентгенофлуоресцентные спектры образцов цеолитовых месторождений Ургун (а) и Цагаанцав (б)

Таблица. Элементный состав образцов природных цеолитов, мас. %

Элемент	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Месторождение								
Ургун	43,74	2,53	0,98	8,89	38,44	2,72	1,07	1,64
Цагаанцав	45,81	2,22	0,57	8,08	38,11	3,37	0,88	0,97

**Выводы.** В данной работе представлена характеристика физико-химических свойств монгольских природных цеолитов месторождений Ургун и Цагаанцав. Цеолиты обладают высокой термостойкостью и кислотостойкостью и удовлетворяют требованиям для использования в практических целях для обработки сточных вод. Выполненные исследования позволяют сделать вывод о возможности химического и термического модифицирования исследованных цеолитов для улучшения сорбционных свойств.

Работа выполнена при частичной поддержке ФЦП ГК № 16.552.11.7063 и № 14.518.11.7017.

#### Список литературы

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1976. – 781 с.
2. Челищев Н.Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л. Ионнообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
3. Петрова В.В. Низкотемпературные вторичные минералы и их роль в литогенезе (силикаты, алюмосиликаты, гидроксиды) / (Тр. Геол. ин-та; вып. 525). – М.: ГЕОС, 2005. – 247 с.
4. Mavlet U., Enebish B. Mineral resources of Mongolian. – Ulaanbaatar, 1998. – 280 p.

#### Качественный анализ загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

Кондратова А.А., Орлова К.Н

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

Email: [lestaks@rambler.ru](mailto:lestaks@rambler.ru)

Формирование и развитие природных экосистем напрямую зависит от степени воздействия техногенных факторов различной природы. Не менее важное значение имеют и адаптивные возможности биологических систем, которые на современном этапе позволяют выявить биоиндикационные исследования, ставшие важной частью экологического мониторинга.

**Цель работы:** Изучение качественного состояния атмосферы города Юрга методом лишеноиндикации.

**Задачи:**

- Выявить видовой состав лишайников, встречающихся в городе.
- Сделать вывод о степени загрязнённости воздуха в городе.

Одним из основных объектов глобального биологического мониторинга выбраны лишайники. Лишайники представляют собой весьма своеобразную группу споровых растений, состоящих из двух компонентов - гриба и одноклеточной, реже нитчатой, водоросли, которые живут совместно как целостный организм. При этом функция основного размножения и питания за счет субстрата принадлежит грибу, а функция фотосинтеза – водоросли.

Большинство лишайников состоят из образованной гифами плотной коры, в которой имеются необходимые для дыхания поры. Кора позволяет всасывать влагу из воздуха и защищает лишайник от переохлаждения или перегрева. Под корой гифы более рыхлые, между ними располагаются клетки водоросли. Обычно клетки фотобионта сконцентрированы по периферии – ближе к свету – образуя фотосинтезирующий слой. По анатомическому строению различают лишайники гомеомерные (в которых водоросли распределены более или менее равномерно по всему телу) и гетеромерные (водоросли находятся только под слоем коры). Некоторые лишайники симбиотируют также с бактериями, за счёт чего получают азот прямо из воздуха, или паразитируют на мхах и других лишайниках.

Исследование проводилось на деревьях только одного вида: Тополь. Так как в результате проведенного анализа научных данных выявлена зависимость произрастания эпифитных лишайников от видового состава деревьев, так, к примеру лишайники могут активно распространяться на тополях и хвойных, а менее на березах. Таким образом, чтобы исключить погрешность связанную с видовым составом деревьев был выбран тополь.

Различают три группы эпифитных лишайников:

- **накипные (коркоподобные)** Если слоевища плотно прилегают к субстрату в виде зернистого либо пылистого налета или в виде чешуек и корочек разной формы, то такие лишайники называются накипными. Похожи на плоские корки, плотно срастающиеся с корой, камнями, почвой, они трудно отделяются на ощупь, бархатистые и влажные.

- **листоватые (листовидные)** Если слоевища лишайников имеют вид более или менее расчлененных пластинок (лопастей), они называются листоватыми. Имеют форму мелких пластинок, чешуек, прикрепляются к поверхности тонкими нитями гриба и довольно легко отделяются от нее.

- **кустистые.** Лишайники, которые имеют кустистое слоевище, состоящее из прямостоячих в разной степени разветвленных столбиков (подециев), называются кустистыми. которые либо растут вверх как маленькие кустики, либо свисают с дерева вниз подобно бороде. Не имея корней, лишайники довольно крепко прикрепляются к субстрату особыми выростами, расположенными на нижней стороне таллома.



Рис. 1 – Карта Юрги с отмеченными точками проведения измерений

На территории города обнаружены следующие виды лишайников: Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), Фисция звездчатая (*Phiscia stellaris*), Пармелиопсис сомнительный (*Parmeliopsis ambigua*), Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*)

Таблица 1–Результаты качественного исследования состояния чистоты воздуха в г. Юрга.

Номер точки	Видовой состав
1	Листовые, накипные
2	Листовые, накипные
3	Листовые, накипные
4	нет
5	накипные
6	накипные
7	накипные
8	накипные
9	нет
10	Листовые, накипные

Изучение всех видов лишайников в крупнейших городах мира выявило ряд общих закономерностей: чем больше индустриализирован город, чем более загрязнен воздух, тем меньше встречается в его границах видов лишайников, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев, тем ниже "жизненность" лишайников. Установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха лишайники исчезают по следующей схеме в порядке убывания:

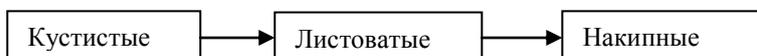


Рис. 2 – Исчезновение лишайников при возрастании загрязнения воздуха

**ВЫВОДЫ:** В результате качественного биомониторинга с помощью лишеноиндикации на территории города Юрги обнаружены две зоны лишайниковых пустынь. Зона наибольшего загрязнения воздуха предположительно связана с деятельностью заводов. Выделяются две зоны критического загрязнения в жилых районах. Предположительным загрязнителем являются выхлопы автомобилей. Выявлена необходимость дальнейших исследований загрязнения воздуха методом лишеноиндикации на территории города с применением иных методик и с привлечением дополнительных методов для составления лишеноиндикационной карты города Юрги.

#### Список литературы

1. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие/ Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Академический Проект, 2006. —416 с.
2. Биологический контроль окружающей среды, биоиндикация и биотестирование/ под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

#### Философско-мировоззренческая составляющая при изучении общепрофессиональных дисциплин инженерно-технического направления

(на примере электротехники)

*Петуров В.И., Куркин К.О., Пешкова Ю.В.*

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта, Россия, г. Чита*

[Peturov\\_vi@rambler.ru](mailto:Peturov_vi@rambler.ru)

Глобализация мировой экономики не проходит бесследно для национальных образовательных систем и, прежде всего для высшего профессионального образования. Россия на новом этапе своего развития активно включилась в процессы интернационализации образования,

присоединившись в 2003 г. к Болонскому процессу, в результате которого большинство европейских стран перейдет на двухуровневое обучение студентов в высших учебных заведениях. После подписания министром образования РФ 19 сентября 2003 г. Болонской декларации отечественной высшая школа активно участвует в создании единого образовательного пространства, сотрудничая в этой сфере с ведущими европейскими и мировыми державами.

С учетом сказанного перед Российской высшей школой вновь, на новом этапе исторического развития, возникают задачи улучшения качества подготовки теперь не только уже специалистов, но также и бакалавров и магистров, повышения уровня их профессионального образования, успешного освоения в рамках образовательной программы универсальных и профессиональных компетенций [1].

В процессе формирования мировоззрения студентов, превращения полученных знаний в убеждения, в жизненную позицию исключительно важная роль в технических вузах принадлежит общеинженерным и специальным техническим кафедрам. Каждая техническая дисциплина содержит не только чисто технические выкладки, формулировку законов и т. п., но и их философское истолкование, т. е. включает в себя и мировоззренческие проблемы.

В основе формирования мировоззрения лежит изучение философии, как науки, играющей ведущую методологическую роль. Важнейшие принципы и законы философии опосредованно выступают и как методы анализа технических наук. Они отражаются во всех видах инженерно-технической деятельности, таких как научно-исследовательская, проектно-конструкторская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, монтажно-наладочная и сервисно-эксплуатационная. Овладение основами философских знаний воспитывает культуру мышления, умение творчески подходить к любому делу, правильно ориентироваться в любой новой для человека области знания и деятельности, способность смотреть в корень вещей и явлений, видеть их взаимосвязь и взаимозависимость, тенденции развития, скрытые от поверхностного взгляда.

Недопонимание исключительной важности методологического и мировоззренческого аспектов философии специалистом любого профиля и в особенности технического приводит к тому, что если человек лишь Homo Faber (человек делающий), тогда он крайне опасен. Homo Faber – полезная составная часть человека только в том случае, если человек желает воспринимать себя и быть признанным обществом как Homo Sapiens (человек разумный).

Технократическая реализация текущих экономических интересов без учета социальных аспектов делает инновационные проекты весьма конфликтными, основанными подчас на противоестественных решениях, не учитывающих возможности окружающей среды. Масштабы технических инноваций, покорение природы, исчерпание ее ресурсов часто свидетельствуют о неадекватности людей, просчетах и произволе, которые принесут вред многим поколениям на протяжении многих десятилетий. Поэтому для современного этапа развития экономики и производства требуется органичное взаимное переплетение законов технической среды обитания и природной реальности, гармоничная конвергенция всех типов систем [2].

В этой связи, в процессе подготовки будущих инженерно-технических кадров необходимо сформулировать основные требования, предъявляемые к техническим дисциплинам с целью более полного отражения мировоззренческих вопросов при подготовке специалистов, бакалавров и магистров по техническим направлениям и специальностям.

Преподавание любой технической дисциплины должно быть организовано так, чтобы, научить студента оценивать в едином комплексе широкий круг взаимосвязанных с техникой экономических, исторических, социальных и экологических проблем.

При изучении технических дисциплин должны быть отражены:

- системный подход к анализу научно-технического прогресса;
- важнейшие достижения отечественных и зарубежных ученых и инженеров в рассматриваемой области науки и техники;
- социально-экономические предпосылки решения той или иной проблемы, создания того или иного технического объекта;
- краткая история развития данного устройства и роль отечественных и зарубежных ученых и инженеров в его совершенствовании;
- роль научных абстракций в познании исследуемых процессов;
- основные закономерности научно-технического прогресса, проявляющиеся в процессе возникновения и развития данной отрасли техники: противоречия между потребностями производства и возможностью их удовлетворения; противоположность и

взаимообусловленность требований к данной конструкции (достоинства и недостатки, сочетание технического совершенства и простоты и т. п.); возврат к старым идеям на основе новейших достижений науки и техники;

- взаимосвязь таких важных качественных и количественных показателей, как КПД, эффективность, безопасность, экологичность, надежность и т.п.;
- роль новых материалов и технологии;
- особенности состояния и перспективы, прогнозная оценка развития данной отрасли, решение конкретных научно-технических проблем в Российской Федерации, других странах и в целом в мире.

Студент должен отчетливо понимать причины, вызывающие необходимость создания того или иного объекта техники, и условия, позволяющие решить эту проблему. При этом необходимо подчеркивать характерную закономерность научно-технического прогресса, в соответствии с которой для успешного решения крупной научно-технической проблемы всегда существуют объективные социально-экономические предпосылки.

К. Маркс указывал: «...человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже имеются налицо, или, по крайней мере, находятся в процессе становления» [3]. Потребность, общества в тех или иных материальных благах выявляется в форме постоянно возникающего и постоянно разрешаемого противоречия между потребностями и возможностью их удовлетворения.

При любом способе материального производства потребности общества опережают техническую основу производства, вызывают необходимость в более совершенных технических средствах и тем самым стимулируют развитие науки и техники.

Иллюстрацию указанных выше положений для студентов технических специальностей удобно проводить на основе рассмотрения истории развития электротехники, и в частности, на примере истории развития трансформаторов и трансформаторостроения, поскольку трансформатор является важнейшим элементом современных систем электроснабжения, одним из наиболее распространенных видов электротехнического оборудования [4, 5].

В последней четверти XIX века в связи с бурным развитием промышленности все более остро ощущалась необходимость в экономичной передаче больших количеств электроэнергии на дальние расстояния. Исследования показали, что наиболее эффективный путь решения этой проблемы – повышение напряжения линий электропередач. Поэтому со всей остротой была поставлена задача создания высокоэкономичных трансформаторов. А возможность ее решения была обусловлена успехами научных исследований в области электротехники, огромным опытом инженерных и конструкторских разработок различных электротехнических устройств, достижениями электроизоляционной техники, металлургической промышленности и др. Почти полвека потребовалось для того, чтобы трансформатор превратился из лабораторного прибора в промышленную конструкцию, содержащую все основные элементы современного трансформатора [6].

История развития трансформатора – как и многих других важнейших электротехнических объектов – наглядная иллюстрация диалектики технического развития, путей преодоления противоречий инженерной мысли, логики и творческой методологии ученых и инженеров. Даже краткое знакомство с нею поможет студенту увлечься своеобразной романтикой инженерных поисков, приобрести умение творчески мыслить, понять сложные взаимосвязи научно-технического прогресса.

В заключение, считаем нужным, подчеркнуть, что, говоря о будущем развития техники, необходимо добиваться осознанного понимания студентами того факта, что какие бы уникальные технические решения и конструкции ни были созданы сегодня, они лишь являются ступенью на пути создания еще более совершенных объектов.

Освещение мировоззренческих вопросов требует серьезного подхода, в основе которого должна быть органическая связь изучаемого материала со знаниями, полученными студентами при изучении других наук и, прежде всего дисциплин гуманитарно-социального и естественнонаучного блоков, соответствующей направленности всех видов учебных занятий.

#### Список литературы

1. Серебрянников С.В. Новые образовательные стандарты и задачи УМО по обеспечению единства российского высшего профессионального образования в области энергетики. – Роль и задачи УМО в обеспечении единства российской системы высшего профессионального

- образования для энергетики. Материалы пленума Совета Учебно-методического объединения вузов России по образованию в области энергетики и электротехники. – Москва – Казань, 2008.
2. Хабибуллин К.Н., Коробов В.Б., Луговой А.А. Философия науки и техники. – М.: Высшее образование, 2008. – 192 с.
  3. Маркс К. К критике политической экономии. – Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. – 2-е изд. – Т. 13. – С. 7.
  4. Петуров В.И. Мировоззренческие проблемы обучения студентов направления 140200 «Электроэнергетика». – VI Всероссийская научно - практическая конференция «Энергетика в современном мире» (материалы конференции). – Чита: ЧитГУ, 2009. Ч.П. – С. 225–230.
  5. Пешкова Ю.В., Куркин К.О. Историко-методологические аспекты изучения общепрофессиональных дисциплин в техническом вузе (на примере электротехники). – МИКС-2013: Сборник трудов Межвузовской итоговой конференции студентов. – Иркутск: ИрГУПС, 2013. – С. 148 – 151.
  6. Шнейберг Я. А. Трансформации трансформатора. // Наука и жизнь, № 3, 1973. – С. 40–47.

#### **Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования**

*Рыжакова Н.К., Покровская Е.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[pokrelena@gmail.com](mailto:pokrelena@gmail.com)*

При контроле загрязненности атмосферного воздуха согласно ГОСТ 17.2.3.01-86 на опорных стационарных постах проводятся наблюдения за содержанием пыли, сернистого газа, окиси углерода, двуокиси азота. Однако особый интерес представляет содержание в воздухе тяжелых металлов и других химических элементов, так как даже в малых концентрациях, но при длительном воздействии они могут причинить существенный вред здоровью человека. Следует отметить, что повышенное содержание некоторых элементов в организме человека может привести к заболеванию раком (например, свинец - рак почек, желудка, кишечника).

Существует ряд способов определения степени загрязнения воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами. Основные различия заключены на начальном этапе, то есть в момент отбора проб (например, фильтрация воздуха или использование искусственных или естественных планшетов). Последующие стадии существующих способов одинаковы и основаны на использовании таких наиболее распространенных методов определения химического состава проб, как атомно-абсорбционная атомно-эмиссионная спектроскопия, нейтронно-активационный анализ, рентгенофлуоресцентный метод, фотокolorиметрический метод.

При использовании воздушных фильтров или поглощающих материалов осуществляется прокачка через них воздуха. Отбор разовых проб проводят в зонах максимального загрязнения непосредственно в факеле выброса. Отбор проб осуществляется, как правило, в течение 20 минут, в каждой точке отбирают не менее 25 проб в течение нескольких дней на уровне 1,5 метра от земли (зона дыхания).

Более длительная экспозиция имеет место при контроле содержания химических элементов в воздухе с помощью анализа дождевых осадков или снегового покрова. Однако эти методы требуют сложной пробоподготовки и являются очень трудоемкими.

В последние десятилетия широкое распространение получили методы, основанные на использовании биомониторов для оценки и прогноза состояния окружающей среды. В качестве биомониторов часто используют мхи, которые играют роль естественных планшетов, так как обладают высокими аккумуляционными способностями, продолжительным жизненным циклом и широко распространены в природе. В ряде известных работ, в том числе и зарубежных, мхи применяют для оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами (ТМ) достаточно обширных территорий. В зависимости от длины прироста используемого в исследовании мха период наблюдения может составлять от 2-3 до 10-15 лет.

Метод мхов-биомониторов можно использовать не только для оценки загрязнения атмосферного воздуха ТМ, но и для изучения основных закономерностей распределения выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы. Как будет показано далее, применение метода математического моделирования для описания измеренных распределений концентраций химических элементов во мхах в зависимости от расстояния от источника загрязнения может

быть использовано для определения основных параметров переноса загрязняющей примеси. Моделирование осуществляется на основе диффузионно-конвективного уравнения, которое для средних значений концентраций примеси  $q$  для точечного источника загрязнения в приземном слое атмосферы имеет вид [1]:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + V_g \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} \quad (1)$$

Уравнение учитывает турбулентную диффузию в вертикальном направлении, характеризующуюся коэффициентом вертикальной диффузии  $k_z$ , перемещение по ветру в направлении оси  $x$  со скоростью  $u$  и гравитационное оседание со скоростью  $V_g$ .

Данная работа посвящена определению одного из основных параметров переноса примеси – коэффициента вертикальной диффузии  $k_z$  с помощью метода мхов-биомониторов.

В большинстве работ по переносу загрязняющей примеси в атмосфере используется прямая зависимость коэффициента вертикальной диффузии от высоты над поверхностью земли:

$$k_z = k_1 z,$$

где  $k_1$  – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии.

Для расчета коэффициента  $k_1$  к настоящему времени получено несколько формул, пригодных для некоторых определенных состояний атмосферы [2]. В связи с этим полученные по той или иной формуле значения  $k_1$  могут быть использованы только в расчетах разовых концентраций для соответствующих состояний атмосферы. Кроме того, возникают проблемы с определением содержащегося в формулах параметра шероховатости, который учитывает рельеф местности, где расположено предприятие: рельеф конкретной местности чаще всего нельзя отнести к какому-либо определенному типу. Следует отметить, что при оценке степени загрязнения тяжелыми металлами, концентрации которых в выбросах невелики, интерес представляют не разовые, а усредненные за длительные периоды наблюдения концентрации, когда реализуются различные состояния атмосферы.

В методе мхов-биомониторов определение коэффициента вертикальной диффузии основано на использовании аналитического решения уравнения (1), которое при степенной аппроксимации скорости ветра и коэффициента вертикальной диффузии от высоты  $z$  с учетом фоновых концентраций имеет вид [2]:

$$q(x) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_\phi \quad (2)$$

здесь  $q_\phi$  – фоновое (природное) содержание химического элемента во мхах, отобранных на территориях, где отсутствует техногенное загрязнение;

$x$  – расстояние от точки пробоотбора мхов до источника загрязнения;

$\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  – параметры пространственного распределения концентраций химических элементов, содержащихся во мхах. Численные значения данных параметров зависят от множества факторов: от мощности и высоты трубы промышленного предприятия, состояния атмосферы и свойств загрязняющей примеси.

Анализ литературы по переносу загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы показал, что при расчете разовых концентраций используется следующее выражение для параметра  $\theta_3$  [3]:

$$\theta_3 = \frac{u_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1} \quad (3)$$

Где  $n$  – параметр, характеризующий изменение скорости ветра с высотой,  $n=0,1 \dots 0,25$ ;  $u_1$  – скорость ветра, измеряемая на высоте 1 м от поверхности земли;  $H$  – высота трубы источника загрязнения.

Формулу (3) при известном значении параметра  $\theta_3$  можно использовать для определения коэффициента пропорциональности вертикальной диффузии  $k_1$ . Значение  $\theta_3$  можно найти путем аппроксимации измеренных концентраций химических элементов во мхах, отобранных на разных расстояниях  $x$  от источника загрязнения, зависимостью вида (2) с помощью метода наименьших квадратов (МНК).

Для применения данного способа определения коэффициента вертикальной диффузии отбирали образцы эпититного мха *Pyloisapolyantha* (Hedw.) B.S.G. с коры берез, осин и тополей на высоте 1,5-2 м в заданном направлении от ТЭЦ-5 ( $H=260$  м) на расстояниях от 1 до 5 км

(рис 1). Фоновый образец мха отобрали в ХМАО на расстоянии, значительно удалённом от основных населённых пунктов и предприятий, что практически исключает воздействие на них техногенного загрязнения. В данном исследовании брали зелёный прирост мха, что соответствует 2-3 годам накопления химических элементов в мхах. Пробоподготовка и измерения проводили в соответствии с запатентованной методикой [4]. В ходе исследования подготовлено и измерено 38 проб мха, в которых определено содержание следующих элементов: Ва, Hf, Eu, Fe, Yb, Co, La, Lu, As, Nd, Rb, Sm, Sc, Sr, Sb, Th, U, Cr, Cs, Ce, Zn. Измеренные распределения концентраций химических элементов в образцах, отобранных на разных расстояниях от источника загрязнения, аппроксимировали зависимостью вида (2); в качестве примера на рис. 2 показаны распределения концентраций Co и Sr. Коэффициент вертикальной диффузии определяли по формулам:

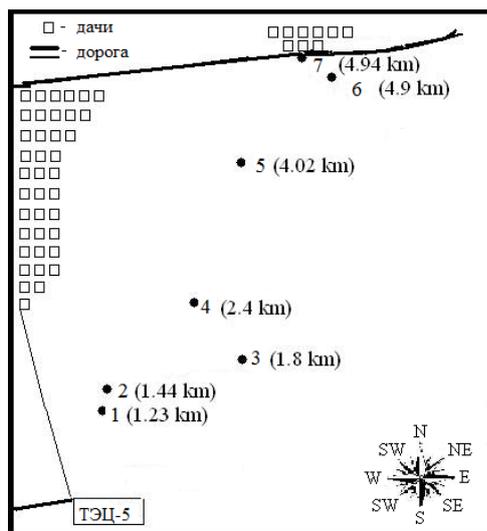


Рис. 1 Карта пробоотбора вблизи ТЭЦ-5 г. Новосибирска

$$k_z = k_1 z, \quad k_1 = \frac{\langle u_1 \rangle H^{1+n}}{(1+n)^2 \theta_3},$$

где  $\langle u_1 \rangle$  – усредненная за период экспозиции скорость ветра.

В таблице 1 приведены значения параметра  $\theta_3$ , определенного с помощью МНК,  $k_1$  и коэффициенты вертикальной диффузии, рассчитанные для различных высот при  $n=0,2$  и  $\langle u_1 \rangle = 5 \text{ м/с}$ .

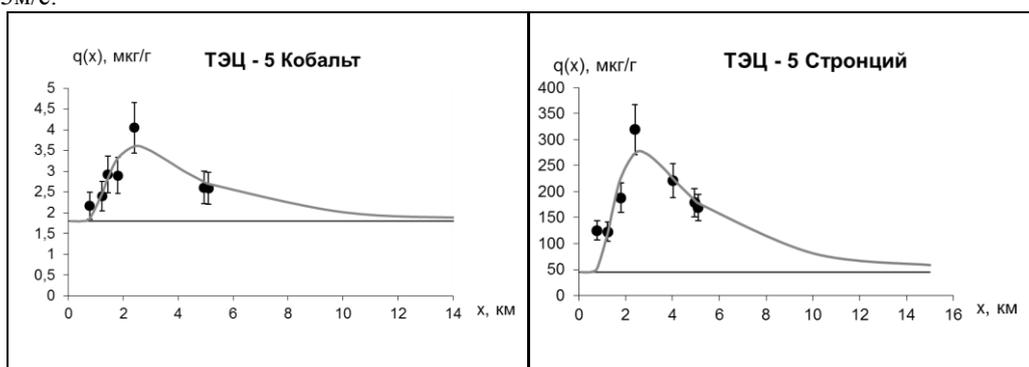


Рис. 2 Распределение химических элементов во мхах в зависимости от расстояния: сплошная кривая – результат аппроксимации функцией вида (2); горизонтальная прямая – фоновые концентрации

Следует отметить, что значения коэффициента вертикальной диффузии (табл.1), определенные в данном исследовании с помощью мхов-биомониторов, не противоречат данным, приведенным в литературе [5].

Таблица 1. Значения  $\theta_3$ ,  $k_1$  и коэффициента вертикальной диффузии  $k_z$ .

Элемент	$\theta_3$	$k_1$ , м/с	$k_z$ , м <sup>2</sup> /с				
			z=50 м	z=100м	z=150 м	z=200 м	z=250 м
Ba	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Hf	5,9	0,12	6	12	18	24	30
Eu	5	0,14	7	14	21	28	35
Fe	10,4	0,07	3,5	7	10,5	14	17,5
Yb	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Co	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
La	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Lu	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
As	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Nd	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Rb	6,58	0,10	5	10	15	20	25
Sm	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Sc	9,24	0,07	3,5	7	10,5	14	17,5
Sr	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Sb	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Th	8,57	0,08	4	8	12	16	20
U	7,13	0,10	5	10	15	20	25
Cr	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Cs	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Ce	6,5	0,11	5,5	11	16,5	22	27,5
Zn	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5

Выводы:

Существующие методы определения коэффициента вертикальной диффузии используются при расчете разовых концентраций для некоторых определенных состояний атмосферы.

Метод мхов-биомониторов позволяет определять усредненные за длительные (от 2-3 до 10-15 лет) периоды наблюдения значения коэффициента вертикальной диффузии, которые учитывают реализацию различных состояний атмосферы, характерных для данной местности.

#### Список литературы

1. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. - 448 с.
2. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: справочник— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
3. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 272 с.
4. Название изобретения: пат. №2463584 Рос. Федерация ,опубл. 10.10.12 г. Бюл. №28.
5. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 342 с.

#### Определение скорости гравитационного оседания частиц летучей золы при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования

*Рыжакова Н.К., Покровская Е.А.*

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

На сегодняшний день в результате производственной деятельности в атмосферу выбрасывается большое количество газообразных и твердых веществ. Наиболее крупные частицы выбросов промышленных предприятий улавливаются очистительными установками, в то время как мелкодисперсная часть попадает в атмосферный воздух. Именно она и представляет серьезную угрозу для здоровья человека, так как попадает в органы его дыхания. Тяжелые металлы, содержащиеся в мелкодисперсных частицах выбросов промышленных предприятий, могут накапливаться в организме и приводить к серьезным заболеваниям, включая рак [1].

Для оценок и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий широко используется математическое моделирование переноса загрязняющей примеси. Одним из основных параметров переноса вредных веществ в приземном

слое атмосферы является скорость гравитационного оседания твердых частиц, содержащихся в выбросах промышленных предприятий. Необходимо отметить, что скорость гравитационного оседания применяют не только при математическом моделировании, но и при определении дисперсного состава частиц загрязняющей примеси, если известна их плотность.

Известные методы определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий можно разделить на две большие группы:

1) Отбор представительной пробы частиц летучей золы массой не менее 0,5 г, а затем определение ее плотности и скорости гравитационного оседания.

2) Выделение частиц из газового потока и определение скорости гравитационного оседания производится одновременно.

Большинство известных способов определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы, относящихся к первой группе, основано на седиментометрическом принципе [2]: скорость и время оседания частиц различного размера и массы неодинаковы: более крупные и, соответственно, более тяжелые частицы оседают быстрее. Данный способ включает две операции: а) отбор представительной пробы частиц летучей золы; б) диспергирование золы в жидкой или газообразной неподвижной среде. В зависимости от измеряемой величины существует несколько модификаций данного способа. Например, скорость гравитационного оседания частиц летучей золы определяют с помощью номограмм по массе дисперсной фазы, выпадающей на чашечку весов из столба суспензии и накопленной к заданным моментам времени. При электрофотоседиментрии скорость гравитационного оседания частиц летучей золы определяют с помощью калибровочной кривой по зависимости интенсивности пучка света, проходящего на заданном уровне столба суспензии по мере осаждения дисперсной фазы.

При применении выше перечисленных способов для определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы в атмосферном воздухе возникает ряд проблем. Во-первых, этими способами определяется скорость перемещения частиц за счет сил гравитации в неподвижной среде. В атмосфере, когда воздушные массы находятся в непрерывном движении, на скорость оседания влияют еще и аэродинамические свойства частиц. Во-вторых, скорость гравитационного оседания зависит от дисперсного состава пыли. А дисперсный состав уловленной пыли и пыли, содержащейся в атмосферном воздухе, могут сильно отличаться [3]. И, в-третьих, из-за сравнительно малых концентраций пыли в атмосферном воздухе время пробоотбора составляет не менее нескольких суток.

Ко второй группе относятся некоторые аэродинамические способы определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы, позволяющие проводить измерения непосредственно в пылегазовом потоке, то есть в воздушной среде. Эти способы также основаны на седиментометрическом принципе: разделение пылегазового потока на фракции с различными массами происходит за счет гравитационных или инерционных, чаще центробежных сил (для тонкодисперсной пыли с размерами частиц не более нескольких мкм). На этом принципе основано действие ротационных анализаторов, циклонных и струйных сепараторов. Однако, эти способы мало пригодны для измерения скорости гравитационного оседания непосредственно в атмосферном воздухе, так как их используют при достаточно высоких концентрациях пыли в потоке. Кроме того, аэродинамические свойства частиц, движущихся в турбулентной атмосфере и в пылегазовом потоке, могут сильно отличаться.

Таким образом, из анализа известных способов определения скорости гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий следует, что не существует надежного способа определения этой величины для частиц, движущихся в атмосферном воздухе.

Такую возможность дает использование мхов-биомониторов, которые аккумулируют содержащиеся в атмосферном воздухе частицы. В этом случае отсутствует искажение аэродинамических свойств частиц, а время экспозиции существенно возрастает и в зависимости от длины прироста используемого в исследованиях мха составляет от 2-3 до 10-15 лет [4].

Данная работа посвящена определению скорости гравитационного оседания частиц летучей золы промышленных предприятий непосредственно в приземном слое атмосферы с помощью метода мхов-биомониторов и математического моделирования, основанного на решении диффузионно-конвективного уравнения переноса загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы (см. доклад «Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования»). Решение уравнения переноса для приземного слоя атмосферы имеет вид [5]:

$$q(x) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_{\phi}, \quad (1)$$

где  $q_{\phi}$  – фоновое (природное) содержание химического элемента во мхах, отобранных на территориях, где отсутствует техногенное загрязнение;

$x$  – расстояние от точки пробоотбора мхов до источника загрязнения;

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$  – параметры пространственного распределения концентраций химических элементов, содержащихся во мхах.

Анализ литературы по переносу загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы показал, что при расчете разовых концентраций используются следующие выражения для параметров  $\theta_2, \theta_3$  [6]:

$$\theta_2 = -\left[\frac{3}{2} + \frac{V_g}{k_1}(1+n)\right]; \quad \theta_3 = \frac{u_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1}, \quad (2)$$

где  $V_g$  – скорость гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий;

$k_1$  – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии;

$n$  – параметр, характеризующий изменение скорости ветра с высотой,  $n=0,1 \dots 0,25$ ;

$u_1$  – скорость ветра, измеряемая на высоте 1 м от поверхности земли;

$H$  – высота трубы источника загрязнения.

Используя формулы (2) как систему двух уравнений, можно получить следующее выражение для скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий:

$$V_g = -\frac{(\theta_2 + \frac{3}{2})u_1 H^{1+n}}{(1+n)^3 \theta_3} \quad (3)$$

Параметры  $\theta_2, \theta_3$ , зависящие от состояния атмосферы, свойств загрязняющей примеси и высоты промышленного предприятия, могут быть найдены путем аппроксимации измеренных концентраций химических элементов во мхах, отобранных на разных расстояниях  $x$  от источника загрязнения, зависимостью вида (1) с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Если в формулу (3) подставить среднюю скорость ветра  $\langle u_1 \rangle$ , рассчитанную за период экспозиции (в нашем случае за 2-3 года), то данное выражение можно использовать для определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленного предприятия.

Таблица 1. Значения  $\theta_2, \theta_3$  и скорость гравитационного оседания  $V_g$  при  $n=0,2$ ;  $\langle u_1 \rangle = 5 \text{ м/с}$ .

Элемент	$-\theta_2$	$\theta_3$	$V_g, \text{ см/с}$
Ba	1,98	8	3,4
Hf	2,3	5,9	7,8
Eu	2,7	5	13,8
Fe	3,7	10,4	12,1
Yb	3,18	8	12,1
Co	3,26	8	12,6
La	2,65	8	8,3
Lu	2,64	8	8,2
As	3,11	8	11,6
Nd	3,24	8	12,5
Rb	2,2	6,58	6,1
Sm	3,7	8	15,8
Sc	3,15	9,24	10,3

Sr	3,06	8	11,2
Sb	3,14	8	11,8
Th	3,01	8,57	10,1
U	2,58	7,13	8,7
Cr	3,05	8	11,1
Cs	2,83	8	9,6
Ce	2,37	6,5	7,7
Zn	2,77	8	9,1

Для применения данного способа определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы в приземном слое атмосферы использованы образцы эпифитного мха *Pylaisia polyantha (Hedw.) B.S.G.*, отобранные в заданном направлении от ТЭЦ-5 г. Новосибирска на разных расстояниях от 1 до 5 км. Методика проведения и обработки результатов эксперимента, в том числе карта пробоотбора, приведена в докладе «Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования».

В таблице 1 приведены значения параметров  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , найденные с помощью метода наименьших квадратов, а также скорости гравитационного оседания частиц летучей золы; расчет проведен при  $n=0,2$  и средней скорости ветра  $\langle u_1 \rangle = 5 \text{ м/с}$ .

Следует отметить, что значения скорости гравитационного оседания, определенные в данном исследовании с помощью мхов-биомониторов, не противоречат результатам определения этой величины другими способами [3].

Выводы:

Не существует надежного способа определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий непосредственно в приземном слое атмосферы.

Для определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы непосредственно в атмосферном воздухе можно применять метод мхов-биомониторов.

Использование мхов-биомониторов дает возможность проведения оценок и прогнозирования усредненных за длительные промежутки времени уровней загрязнения приземного слоя атмосферы тяжелыми металлами и другими токсичными элементами. Время усреднения определяется длиной прироста используемого в исследовании мха и может составлять от 2-3 до 10-15 лет.

#### Список литературы

1. Беспалов В.Г. Питание и рак. Диетическая профилактика онкологических заболеваний. - М., 2008. - 176 с.
2. Коузов П.А., Скрябина Л.Я.. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л.: Химия. 1983. – 131 с.
3. Коузов П.А. основы анализа дисперсионного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – 3-е изд. Перераб. – Л.: Химия, 1987 – 264 с.
4. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов //Оптика атмосферы и океана, 2009 – т. 22, – №1. с. 101 – 104.
5. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: справочник— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
6. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.

#### Саманные дома как образец экологичного строительства

**Прунскас В.В., Федюк Р.С.**

Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток  
[roman44@mail.ru](mailto:roman44@mail.ru)

Глина - прекрасный материал для строительства домов; причём домов больших, качественных, тёплых, удобных для проживания. В Европе дома из глины - саманные дома - стоят

столетиями. И такие дома строились не только в Европе; Афганистан - страна, где саманный дом - традиция.

Кто сомневается в крепости такого дома - отбросьте сомнения: участники афганской войны вспоминают, что попадание из танка прямой наводкой в стену такого дома не разрушало его, а просто оставляло след. Саманный дом крепок и будет стоять столетия, если соблюсти технологию его строительства.

Саман - это не глина. Саман - это композитный материал, состоящий из смеси земли, воды, соломы, глины и песка. Саман при строительстве укладывается вручную, поэтому есть возможность вылепить дом любой формы. Перегородки дома также лепятся сразу же. В саманном доме окна и дверные проёмы могут быть любой формы.

В состав материала входят каолинит, свободная алюмокремневая кислота в виде тонких пластинок и чешуек и серицит - разновидность мусковита. В глине встречаются минералы с промежуточными свойствами между серицитом и каолинитом - гидрослюды.

Второстепенными минералами глины являются: кварц в виде мельчайших зёрен, иногда в весьма большом количестве, лимонит в коллоидальном состоянии или в виде мелких зёрен, пирит, рутил, турмалин, углистые вещества, гипс, известковый шпат, конкреции фосфоритов, ванадиевые минералы.

Глины образуются путём выветривания изверженных и метаморфических горных пород. Их химический состав показывает генетическое родство с главнейшими породообразующими минералами - полевыми шпатами.

При переносе глины водами рек, ледниками или морскими течениями, они смешиваются с кварцевым песком или кварцевой пылью, с карбонатными породами, иногда с вулканическим материалом.

Когда к глине примешаны кварцевый песок и кварцевая пыль в значительном количестве (свыше 40%), её называют суглинком; суглинок ледникового происхождения называется валунным [1].

Когда к глине в значительном количестве примешаны карбонатные породы, её называют глинистым мергелем. Глины морского дна, смешанные с организмами планктона, носят название ила.

Глина находит применение в строительном деле и в технических производствах. Из технических свойств глины особенно важны: пластичность - способность в увлажнённом виде принимать и сохранять придаваемую ей форму после высыхания; способность отвердевать при удалении кристаллизационной воды после обжига при надлежащей температуре.

Сухая глина - жирна на ощупь, легко растирается в порошок, липнет к языку, жадно поглощает влагу.

В зависимости от примеси окисей марганца, железа и органических веществ глины различно окрашены. Примеси окислов железа и углекальциевой соли уменьшают огнеупорность глины.

В зависимости от количества песка и углекислого кальция глина подразделяются на жирную и тощую глину. Первые - жирны на ощупь, жадно поглощают воду, причём, увеличиваются в объёме до двух раз; при просушке, увлажнённая предварительно глина сильно уменьшается в объёме и растрескивается. Тощие глины на ощупь - не жирны, при растирании между пальцами ощущается примесь песка, с водой дают незначительное увеличение объёма, тесто мало пластично, при высыхании незначительно изменяются в объёме и не трескаются [2].

И по стоимости, и по времени, и по расходу материала на штукатурные и шпаклевочные операции приходится наибольшая доля во всех работах, а стоимость может достигать трети от стоимости внутренней отделки. Даже в новых зданиях, не говоря уж о домах типовой застройки, допуски кривизны стен, полов и углов сравнительно велики. То есть качественно наклеить обои или положить плитку без выравнивания стен не удастся. А ведь чем больше видов работ, тем дороже стоимость ремонта.

Большинство строительных и ремонтных фирм могут предложить подробно расписанный план проведения работ, разработанный с учетом уровня отделки. Градации у каждой фирмы свои, но, как правило, выделяются несколько основных уровней. Чаще всего это простая, улучшенная (снятие старых обоев и краски вплоть до бетона, выравнивание стен) и высококачественная отделка.

Чтобы узнать, достаточно ли в почве глины, сделайте из почвы пасту, возьмите кусочек пальцами и сожмите его. Если пальцы хоть немного слипаются, когда вы пробуете их

разъединить, в почве есть глина. Сделайте мокрый шар размером с шар для гольфа и расплющите его на ладони. Затем поверните руку ладонью вниз, открывайте и закрывайте её. Если процент глины высокий, вы сможете открыть ладонь минимум раз пять прежде чем шар упадёт, а часть глины останется на ладони - рука будет в земле.

Разомните образец как пластилин. Раскатайте стержень толщиной с карандаш, оберните его вокруг пальца. Чем больше глины - тем сильнее он изогнётся не трескаясь. Сделайте совсем мокрый шарик, сдавите его в кулаке, оставив небольшую щель между двумя пальцами. Если глины много - выдавится лента мокрой глины, если нет - вы выдавите воду.

Сделайте мокрый шар размером с яйцо и расплющите его. Похлопайте, пока на поверхности не появится вода. Глина сохраняет блеск, когда ладонь открыта, или тускнеет по мере впитывания воды.

Глина слипается и затвердевает при засыхании. Если сухая почва легко распадается в руках - скорее всего в ней достаточно глины. Сухие глинистые почвы очень тяжело копать, они разваливаются на куски, которые невозможно раздробить в руках. Но при размачивании глина всегда размягчается.

Глина часто имеет заметный цвет - красный, охра, сине-серый и т.п. Она может быть разных цветов. Большинство глин водонепроницаемы. Хороши для поиска места, где вода выходит на поверхность - у родников, например. Указатели - водяной кресс, осоки, мята и некоторые виды ивы. Болотистая лесистая местность тоже может быть богата глиной. Трещины и расщелины на земле в сухую погоду - указатели глины. Проскальзывание колёс - указатель залежей глины. Куски глины иногда выглядят как гравий - полейте их водой: если получилась клейкая смесь - перед вами глина.

Песок более мелкий чем грубый сахар делает саман не очень крепким, поэтому его можно оставить для структурной работы над тонкими деталями. Чтобы сэкономить на песке, для традиционного английского самана использовали крошку сланца, но она обрабатывалась при смешивании копытами, а не ступнями ног. Иногда, если есть сложности с песком, можно использовать гравий.

Саман - композитный материал, состоящий из смеси земли, воды, соломы, глины и песка. Для хорошего результата нужно хорошо перемешать смесь. В большинстве случаев глина (или глинистая почва) должна быть сначала тщательно замочена, прежде чем добавлять в неё песок и солому. Сухая глинистая почва может быть твёрдой и комковатой, с ней сложно работать.

Для идеальной смеси важна пропорция глины и песка. Нужно достаточно глины, чтобы сделать пластичную, клейкую смесь, но не слишком много, чтобы смесь не сжималась слишком сильно и не трескалась при высыхании. В результате смесь - саман - обычно содержит всего от 5 до 25% глины.

Чтобы определить подходящую смесь, смешайте глину и песок в разных пропорциях: 3:1, 2:1, 1:1, 2:3, 1:2, 1:3. После перемешивания добавьте воды, чтобы образцы слипались, когда вы сжимаете их ладонями. Они должны быть относительно сухими - суше корки пирога. Образец не должен ломаться - он не должен быть влажным или рассыпчатым. При падении с высоты в метр на мягкую землю шарик (размером со снежок) должен сохранить свою форму. Если он рассыпался - слишком много песка. Если расплющился - слишком много глины.

Для сравнения полезно сделать несколько тестовых кирпичей, высушить их и посмотреть, как они трескаются, крошатся и ломаются. Сделайте для этих кирпичей замесы без соломы. Полное высыхание кирпичей может занять несколько дней. Потрескавшаяся поверхность указывает на слишком большое количество глины. При царапании гвоздём не должно оставаться глубоких борозд. Сделайте один кирпич с соломой и попробуйте после высыхания сломать его, скручивая кирпич: хорошую смесь таким способом сломать почти невозможно.

Смешивать саман можно при помощи куска брезента (топча смесь и приподнимая углы брезента), или в специальной яме, или при помощи трактора или бетономешалки. Бетономешалки, правда, не смешивают солому. Если вы пользуетесь бетономешалкой - положите в смесь песка, глины и воды пару 10-кг камней, чтобы они крутились вместе с саманом. Камни, крутясь, будут разбивать глину и вмуровывать в неё песок. Солому можно домешать в смесь, вылив её из мешалки, ногами.

Если смесь прилипает к ногам или брезенту - добавьте песка. Если саман распадается - добавьте глины и/или воды. Или в смеси слишком много соломы. Мокрые куски самана рвутся - добавьте соломы. Или просто смесь слишком влажная. Тестовые кирпичи трескаются при высыхании - добавьте песка. Тестовые кирпичи при высыхании мягкие и рассыпчатые - добавьте

глины. Тестовые кирпичи легко ломаются - добавьте соломы, лучше длинной. Солома должны быть сухой.

Солома облегчает саман и добавляет изоляцию, удерживая воздух в полых стеблях. Лучшая для самана солома должна иметь прочные волокна и быть длинной. В земляной стене солома не гниет - она мумифицируется в стене.

Прекрасный саман получается из соломы овса, ржи, озимой пшеницы. Ячменная солома тоже подойдет. Озимая солома наилучшая. Избегайте весенней пшеницы. Рисовую солому хорошо использовать с пшеницей 1 к 1. Ржаная трава хуже т.к. саман к ним не прилипает. Другие типы соломы, которые нужно избегать - люцерна, конопля, пшено, гречиха, соя, сорго, лён и кукуруза.

Соломы обычно занимает 10-15% смеси при условии, что она останется той же плотности что и в кипе. Готовьте материалы с запасом! Избыток пригодится для сидений, подмосток и т.п.

Необходимые материалы:

- для фундамента: камни, кирпичи, урбанит (бетонные куски разбитых плит и тротуаров - можно найти бесплатно), гравий;

- для саманных стен: грубая песчаная почва или песок, глинистая почва, солома, вода;

- для крыши, перекрытий, проёмов: пиломатериалы, столбы и доски.

- а также: стёкла для окон, крыша, изоляция, гвозди, шпагат, трубы, провода, розетки.

Стекло для встроеного окна должно быть листовым, закалённым, толщиной 4-6 мм, или автомобильным стеклом. Не используйте тонкое гнутое стекло, если у него нет рамы. Стекло может быть и целым, и разбитым, любой формы - оно встраивается в саман. Окна с рамами могут быть очень полезны, можно использовать и старые. Состояние рам не очень важно - их частично можно вмуровать в саман.

Саман - один из самых дешёвых строительных материалов, которые можно вообразить. Зачастую хватает той земли, что выкапывается из ямы под фундамент. При наличии изобретательности и предусмотрительности стоимость остальных компонентов (дверей, окон, полов и так далее) может быть существенно снижена. Общие затраты зависят от размера, дизайна, вашего творчества и организованности и от того, насколько вы готовы заплатить другим за строительство дома. Кроме того, мы платим кредитным учреждениям за заём, а потом строим с их ограничениями. Поскольку здесь вы сам себе подрядчик, вы можете использовать собственные материалы; продвигаясь медленно и аккуратно, можно построить дом за одну десятую той стоимости, по которой они продаются.

#### Список литературы

1. Минке Г. Глинобетон и его применение. – Калининград: ФГУИПП «Янтарный сказ», 2004. - 232 с
2. Fathy, H. Natural Energy and Vernacular Architecture. Chicago /London, 1986

#### Биоиндикация маркеров производства ядерно-топливного цикла, на примере Сибирского химического комбината

*Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л. \*, Меркулов В.Г.*

*Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

*\*Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Масштабы строительства и прогнозы развития атомных электростанций, теплоэлектроцентралей и станций теплоснабжения во многих странах свидетельствуют о возрастающей, а для некоторых стран и решающей роли ядерной энергетики в электроснабжении и выработке тепла [1]. В соответствии с нормативной документацией при контроле за выбросами продуктов ядерно-топливных производств измеряют только содержание радионуклидов в почве, донных отложениях, природных водах и биоте [2]. В то же время очень опасными могут быть газоаэрозольные выбросы, содержащие токсичные тяжелые металлы. Системы очистки газоаэрозольных отходов на таких предприятиях многоступенчаты, сопровождаются дозиметрическим контролем. Но выбросы из вентиляционных труб смешиваются с большими объемами воздуха и рассеиваются на большой площади, следовательно, концентрации загрязняющих веществ малы. В данном случае традиционные методы контроля атмосферного воздуха, основанные на анализе фильтров, через которые прокачивается воздух в течение непродолжительного времени – от несколько часов до нескольких суток – непригоден.

В настоящее время для определения содержания большого количества химических элементов и металлов в атмосфере активно развиваются биофизические методы наблюдения. В качестве депонирующих загрязнителей объектов чаще всего используют мхи и лишайники, которые обладают хорошими аккумуляционными свойствами и широко распространены в природе [3, 4]. В Европе на протяжении последних 30 лет используется метод мхов-биоиндикаторов, который позволяет выявлять наиболее загрязненные территории, отслеживать динамику загрязнения атмосферного воздуха. Каждые 5 лет под эгидой комиссии ООН по трансграничному переносу атмосферных выпадений в Европе (UNECE ICP Vegetation) издается Европейский атлас атмосферных выпадений тяжелых металлов [5-7]. Метод контроля загрязнения атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов основан на сравнении концентраций химических элементов во мхах, отобранных на исследуемой территории, с фоновыми значениями, что дает возможность избежать определения предельно допустимых концентраций, что является непростой и нерешенной до конца задачей [8, 9]. Метод контроля загрязнения атмосферного воздуха с помощью мхов-биоиндикаторов позволяет оценивать даже незначительное содержание химических элементов в воздухе, так как время экспозиции в зависимости от используемого прироста мхов составляет от нескольких до пятнадцати лет [10].

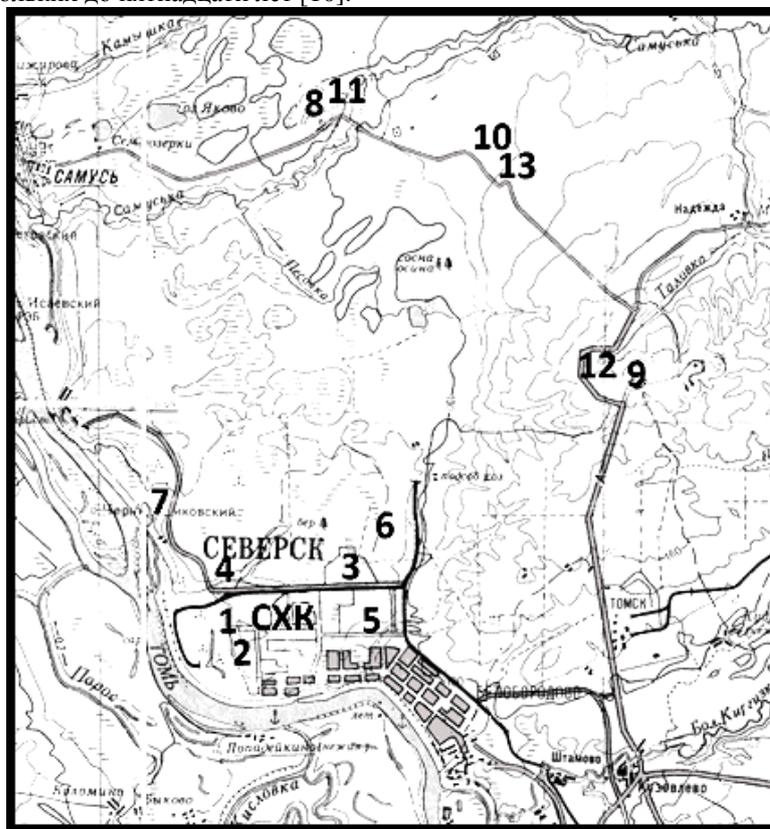


Рис. 1 Карта пробоотбора (пробы 1-10 отобраны в 2011г., 11-13 – в 2005 г.)

Целью данного исследования является изучение загрязнения атмосферного воздуха предприятиями ядерно-топливного цикла с помощью метода мхов-биоиндикаторов на примере Сибирского химического комбината. Данный комплекс предприятий ядерно-топливного цикла расположен в непосредственной близости от г. Томска. Основу комбината составляют заводы по обращению с ядерными материалами: завод по разделению изотопов; сублиматный завод; радиохимический завод; химико-металлургический завод и теплоэлектроцентраль, которая в настоящее время реконструируется; реакторный завод, работу которого остановили в 2008 г. Таким образом, в зоне действия данного комплекса кроме ряда редкоземельных металлов следует оценивать наличие продуктов реакции деления (Ba, Rb, Cs, Sr, Co), а также U, Th. Образцы эпифитного мха *Pylaisia polyantha*, произрастающего на коре осин и тополей, отобраны на разных расстояниях от СХК (рис.1). Трехлетний прирост мха отбирали в 2005 (3 образца) и 2011 (10 образцов) гг. на высоте 1,5-2 м. Фоновые пробы мха отобраны также в 2005 и 2011 гг. в

Сибирском регионе на большом расстоянии от промышленных центров. Отобранные образцы мха предварительно очищали от земли и различных примесей, затем производили промывку дистиллированной водой, далее высушивали до постоянного веса при температуре 80°-100°. После высушивания образцы подвергали процессу гомогенизации и прессовали по 2 параллельные пробы в таблетки массой 0,2-0,3 г и диаметром 1 см.

Содержание химических элементов определяли с помощью нейтронно-активационного анализа на реакторе ИРТ-Т ТПУ г. Томск. В вертикальном экспериментальном канале реактора пробы облучали в потоке тепловых нейтронов плотностью  $5,5 \cdot 10^{13}$  нейтрон/см<sup>2</sup>\*с в течение пяти часов. Для определения содержания химических элементов в пробах мха использовали относительный метод, когда исследуемый образец и образец сравнения (эталон) с известным содержанием определяемых элементов, облучают одновременно. В качестве образцов сравнения использованы стандарты МАГАТЭ –FFA (пыль летучая) и Табак-5. Измерение удельных активностей химических элементов в пробах проводили с помощью гамма-спектрометра на базе особо чистого германия и спектрометрической системы Genie 2000 (Cauberga, USA); время измерения составляло 300-900 сек. В каждой пробе определено содержание 27 химических элементов по долгоживущим изотопам: Sm, Mo, Ce, Ca, Lu, U, Tb, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, Br, As, Sb, Cs, Rb, Fe, Zn, Sc, Co, Na, Eu, K, La; погрешность измерений составила 10-15 %.

Для анализа результатов измерения проведено усреднение концентраций химических элементов по образцам, отобраным на сравнительно небольших расстояниях 0,5-4 км (точки 1-7), по образцам, отобраным на расстояниях 14-15 км (точки 8-10), и по образцам, отобраным примерно в тех же точках, что и образцы 8-10, но в 2005 г (точки 11-13) (рис. 1 и таб.1).

Таблица 1. Усредненные значения концентраций, мкг/г

точки усреднения элем-т	1-7 (2011г)	8-10 (2011г)	11-13 (2005г)	фон	точки усреднения элем-т	1-7 (2011г)	8-10 (2011г)	11-13 (2005г)	фон
Sm	0,69	0,29	0,38	0,46	Br	8,7	9,6	9,7	7,1
Mo	0,40	0,23	0,14	0,07	As	0,65	0,33	0,49	0,28
Ce	13,5	4,6	6,4	3,2	Sb	0,54	0,27	0,26	0,13
Ca	20148	30370	20695	20961	Cs	0,89	0,35	0,69	0,28
Lu	0,094	0,039	0,064	0,046	Sc	2,1	0,8	1,3	0,7
U	1,43	0,37	0,48	0,28	Rb	15	7	15	8
Tb	0,07	0,03	0,04	0,032	Fe	4155	1854	2430	1563
Th	0,83	0,43	0,67	0,33	Zn	187	153	239	178
Cr	9,5	8,1	6,4	4,8	Co	5,7	2,9	3,5	1,8
Yb	0,55	0,27	0,38	0,04	Na	584	280	496	408
Hf	0,82	0,47	0,61	0,12	Eu	0,18	0,13	0,17	0,11
Ba	381	536	384	320	K	3057	1626	2344	3498
Sr	174	191	288	237	La	2,2	1,3	1,4	1,4
Nd	0,65	0,31	0,38	0,55					

Из полученных данных по содержанию химических элементов в образцах эпифитного мха *Ryloisia polyantha* сделаны следующие выводы:

1) Концентрации большинства элементов уменьшаются с расстоянием от СХК; исключением являются Ca, Ba, Sr, Br, концентрации которых сравнимы с фоновыми значениями;

2) Концентрации U, Th, Cs, Rb, Co в пробах мха, отобранных в 2005 г, в 1,5-2 раза выше, чем в пробах, отобранных в 2011 г. Уменьшение концентраций данных элементов со временем объясняется сокращением производственных мощностей СХК за 2002-2011 гг., в том числе остановкой реакторного завода в 2008г.

Необходимо отметить, что полученные результаты являются достаточно очевидными. Однако, это свидетельствует о достоверности и надежности определения химических элементов в

атмосферном воздухе с помощью эпифитных мхов и доказывает возможность использования данных видов мхов для контроля выбросов предприятий ядерно-топливного цикла.

#### Список литературы

1. Макдональд А. Ядерная энергетика: положение дел в мире. Взгляд на производство электроэнергии на АЭС во всем мире и его будущие перспективы. Бюлл. МАГАТЭ 49-2. Март, 2008. С. 45-48.
2. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций. СП АС-83/93. 2003г. № 69.
3. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. – № 1. – С. 79-83.
4. Карташев А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. Томск: Изд-во Водолей, 1999. - 192 с.
5. European Atlas: Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in mosses in Europe (1990-2005), UNECE ICP Vegetation. Centre for Ecology & Hydrology, University of Wales Bangor, United Kingdom, July 2008.
6. Buse A., Norris D., Harmens H., Büker P., Ashenden T., Mills G. Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey, UNECE ICP Vegetation Coordination Centre, CEH Bangor, UK, 2003. – 45 p.
7. Nikodemus O., Brūmelis G., Tabors G., Lapina L., Pope S. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using moss // Journal of Atmospheric Chemistry. – 2004. – P. 521-531.
8. Lead W.A., Steinnes E., Jones K.C. Atmospheric deposition of PCBs to moss (*Hylocomium splendens*) in Norway between 1997 and 1990 // Environmental Science and Technology. – 1996. – V. 30. – P. 524-530.
9. Вацева К., Стафилов Т., Šajn R., Tănăselia C. Moss biomonitoring of air pollution with heavy metals in the vicinity of a ferronickel smelter plant // Journal of Environmental Science and Health, Part A. – 2012. – V. 47. – P. 645-656.
10. Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов: пат.2463584 Рос. Федерация. № 2011117784/28; заявл. 03.05.2011; опубл. 10.10.2012, Бюл. №28.

#### Радиоэкологический паспорт промышленных объектов города Юрга

*Семенов А.А., Орлова К.Н.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, г. Юрга*

*E-mail: lestaks@rambler.ru*

По данным Международной комиссии по радиологической защите, в большинстве стран вклад техногенных источников, которые внесли свой вклад суммарную дозу в результате выбросов на предприятиях атомного цикла и атомных электростанциях, или в результате испытаний ядерного оружия, не превышает сотых долей процентов от общего годового облучения человека. Облучение человека в процессе его жизнедеятельности происходит как от естественных источников радиации, так и в процессе рабочей деятельности на обычных промышленных предприятиях.

При проведении геоэкологического радиационного мониторинга на территории города Юрги наблюдалось повышение максимальной дозы облучения [2]. В результате чего был сделан вывод о необходимости более детального исследования территории прилегающей к заводам.

Перед исследователями ставилась цель: определить вклад производственной деятельности промышленных объектов в годовую дозу облучения человека.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- [1] Определить мощность дозы гамма-излучения на территории, прилегающей к промышленным объектам города Юрги, и на территории, свободной от промышленных объектов на расстоянии 1 км.
- [2] Рассчитать годовую дозу облучения человека
- [3] Произвести оценку дозы и мощности дозы гамма-излучения в различных районах города Юрги
- [4] Рассчитать вклад промышленных объектов в общее облучение человека.

[5] Проанализировать полученные данные, установить предположительные причины повышения или понижения фона в тех или иных местах.

В ходе работы исследовалась мощность дозы гамма-излучения. Гамма-излучение - это коротковолновое излучение, с энергией  $E_{\gamma} = 0,01-10$  МэВ. . Прибор, используемый для определения мощности дозы гамма-излучения дозиметр «Грач» — измеряет дозу или мощность дозы гамма-излучения, полученную прибором (и тем, кто им пользуется) за некоторый промежуток времени.

Детектором дозиметра «Грач», служащим для преобразования явлений, вызываемых ионизирующими излучениями в электрический или другой сигнал, легко доступный для измерения, является ионизационный счетчик, по типу счётчика Гейгера, определяющий чувствительность дозиметра в 20000 имп/мкЗв. Дозиметр гамма-излучения «Грач» имеет два измерительных канала: для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и для измерения дозы с независимым перезапуском этих величин. Измерение происходит непрерывно с постоянным уточнением результата, причем статистическая погрешность высвечивается на дисплее, т.е. можно получить результат с необходимой статистической точностью. Измерения проводились при статистической погрешности не более 8%.

Проведение измерений дозиметрических характеристик производилось преимущественно в ясную погоду и на одинаковом расстоянии 1 м. от грунта, строго в горизонтальном положении. На карте-схеме города Юрги (рис. 1) пронумерованы точки, в которых производились измерения уровня гамма-излучения. Были выбраны районы с самыми крупными промышленными предприятиями и три жилых района города. Замеры производились по периметру каждого предприятия по три замера в каждой точке. В таблице 1 отражены полученные численные значения мощности дозы гамма-излучения с рассчитанной годовой дозой гамма-излучения.



Рис. 1. Карта-схема города Юрги

Таблица 1. Карточка регистрации мощности эквивалентной дозы гамма-излучения

Место измерения (номер точки на карте-схеме)	Дополнительная характеристика места измерения	Мощность дозы, Н, мкЗв/ч, среднее значение	Годовая доза облучения, мЗв
1	Химическая промышленность	0,11	0,93
2	Машиностроительная промышленность	0,14	1,23
3	Металлургическая промышленность	0,11	0,93
4	Пищевая промышленность	0,15	1,31
5,6,7	Жилой район	0,10	0,91

Согласно санитарным правилам СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», утвержденным 1 сентября 2009 года вместо НРБ-99, максимальная мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте - 2,5 мкЗв/ч. При проведении

обследований и оценке по показаниям дозиметра опасности облучения необходимо помнить, что последствия облучения определяются не мощностью дозы, а суммарной полученной дозой, т.е. мощностью дозы, умноженной на время, в течение которого облучается человек. Например, если мощность дозы составляет 0,11 мкЗв/ч, то облучение в течение года (8760 ч) создаст дозу ~1 мЗв – по СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» предел, который не должен превышать при техногенном облучении населения. Небольшие превышения характерны для всех исследуемых заводов. Значения, превышающие норму 1 мЗв, определены для двух точек. Эта местность является близлежащей к машиностроительному предприятию, точнее к ТЭЦ и к металлургической промышленности.

Высокие значения можно объяснить используемым топливом в ТЭЦ, находящимися неподалеку шлаковыми насыпями. Для металлургической промышленности превышения характерны в основном для местности, где находятся хранилища для осаждения шлама.

**ВЫВОДЫ:**

1. Результаты исследования показывают несомненную актуальность проведения радиационного мониторинга промышленных предприятий.
2. Согласно оценке дозиметрических характеристик значения дозы гамма-излучения, превышающие норму характерны для территорий машиностроительной и металлургической промышленности.
3. Повышения фоновое значения годовой дозы гамма-излучения вероятнее всего обусловлены используемым топливом и расположением хранилищ отходов промышленности.
4. Вклад данных промышленных объектов в общую годовую дозу облучения оценивается  $\approx 0,17$  мЗв/год

Полученные результаты составляют радиоэкологический паспорт промышленных объектов города Юрга.

#### Список литературы

1. СанПиН 2.6.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» от 7 июля 2009 года, N 47: Зарегистрировано в МинЮсте РФ 14 августа 2009 года, N 14534. 2009.
2. Федеральный закон ФЗ «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 года, N 3: Принят Государственной Думой 5 декабря 1995 года. 1996.
3. Орлова К.Н. Исследование уровня радиационной безопасности на территории города Юрги // Вестник Кузбасского государственного технического университета [Вестник КузГТУ] / Кузбасский государственный технический университет (КузГТУ) . — 2011. № 6. С. 35-37

#### Взаимодействие объектов железнодорожного транспорта с окружающей средой Серегина С.Ю.

*Инновационный Евразийский университет, Республика Казахстан, г. Павлодар*  
[swetik-90@inbox.ru](mailto:swetik-90@inbox.ru)

Согласно Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», которая закладывает основы для глубоких системных преобразований с целью перехода к экономике новой формации посредством повышения благосостояния, качества жизни населения Казахстана и вхождения страны в число 30-ти наиболее развитых стран мира при минимизации нагрузки на окружающую среду и деградации природных ресурсов.

Ссылаясь на то, что одной из основных приоритетных задач по переходу к «зеленой экономике», стоящими перед страной, является повышение благополучия населения и качества окружающей среды через рентабельные пути смягчения давления на окружающую среду исходя из этого характер воздействия транспорта на окружающую среду определяется составом техногенных факторов, интенсивностью их воздействия, экологической весомостью воздействия на элементы природы [1].

Для оценки уровня воздействия объектов транспорта на экологическое состояние природы используют интегральные характеристики:

- абсолютные потери окружающей среды, выражаемые в конкретных единицах измерения состояния биосферозов (флоры, фауны, людей);
- компенсационные возможности экосистем, характеризующие их восстанавливаемость в естественном или искусственном режиме, создаваемом принудительно;
- опасность нарушения природного баланса, возникновение неожиданных потерь и локальных экологических сдвигов, которые могут вызвать экологический риск и кризисные

ситуации в окружающей природной среде;

- уровень экологических потерь, вызываемых воздействием объектов транспорта на окружающую среду.

Данные характеристики и позволяют определить экологическую безопасность в регионах расположения транспортных объектов.

Любое воздействие объектов транспорта на природу вызывает ответную реакцию, которая проявляется в следующих формах: адаптационной - с локальным или статическим смещением равновесия; восстанавливающейся или самовосстанавливающейся, характеризующейся полным возвратом экосистемы в исходное состояние; частично восстанавливающейся, когда экосистема восстанавливает только часть своих свойств и характеристик; невосстанавливаемой, когда в экосистеме образуются необратимые сдвиги от исходного ее состояния.

Успешное функционирование и развитие железнодорожного транспорта зависят от состояния природных комплексов и наличия природных ресурсов, развития инфраструктуры искусственной среды, социально-экономической среды общества. При этом с каждым из элементов системы железнодорожного транспорта имеются прямые и обратные связи, а также определенные ограничения по использованию природных комплексов, природных, трудовых и финансовых ресурсов.

Состояние окружающей среды при взаимодействии с объектами железнодорожного транспорта зависит от развития инфраструктуры по строительству железных дорог, производству подвижного состава, производственного оборудования и других устройств, интенсивности эксплуатации подвижного состава и других объектов на железных дорогах, результатов научных исследований и их внедрения на предприятиях и объектах отрасли [2].

Каждый элемент системы имеет прямые и обратные связи друг с другом. При развитии и функционировании объектов железнодорожного транспорта следует учитывать свойства природных комплексов - многосвязность, коммутативность (переместимость), аддитивность, инвариантность, устойчивость, многофакторную корреляцию.

Многосвязность выражается в разнохарактерном (физическом, химическом, биологическом, техногенном и антропогенном) воздействии транспорта на природу, которое может вызвать в ней трудно учитываемые изменения.

Аддитивность - это возможность многопараметрического сложения различных источников техногенного и антропогенного воздействий на природу, что может привести к непредсказуемым изменениям в природе.

Инвариантность является свойством экосистем сохранять стабильность в границах регламентированных техногенных и антропогенных воздействий.

Устойчивость - способность экосистем сохранять исходные параметры при естественном, техногенном, антропогенном воздействиях.

Многофакторная корреляция характеризует экосистемы с позиций их предопределенности к случайным и неслучайным событиям с аналитическими связями между ними.

Железнодорожный транспорт постоянно воздействует на природную среду. Уровень воздействия может лежать в допустимых равновесных и кризисных границах.

Воздействие объектов железнодорожного транспорта на природу обусловлено строительством дорог, производственно-хозяйственной деятельностью предприятий отрасли, эксплуатацией железных дорог и подвижного состава, сжиганием большого количества топлива, применением пестицидов на лесных полосах и др.

Загрязнения от объектов железнодорожного транспорта накладываются на фоновые загрязнения от хозяйственно-бытовой, культурной, производственной деятельности общества, от объектов теплоэнергетики, промышленности, сельскохозяйственной и других видов деятельности. Часто в районах станций и узлов, железных дорог фоновые загрязнения равны или превышают допустимые нормы.

Строительство и функционирование железных дорог требуют изъятия из природной среды земли, почв, недр, флоры, фауны, ландшафтов.

Объекты железнодорожного транспорта потребляют воду, воздух, топливно-энергетические, минеральные ресурсы. Так, для прокладки одного километра двух путного полотна требуется 4 км рельсов массой 300 т, до 4 000 деревянных или железобетонных шпал, тысячи тонн песка и щебня.

Строительство и функционирование железных дорог связано и с загрязнением природных комплексов выбросами, стоками, отходами, которые не должны нарушать равновесие в

экологических системах. Равновесие экосистемы характеризуется свойством сохранять устойчивое состояние в пределах регламентированных антропогенных изменений в окружающих транспортное предприятие природных комплексах [3].

Самоочищающаяся способность природной среды снижается из-за уничтожения и истощения природных комплексов. Линии железных дорог, прокладываемые на сложившихся путях миграции живых организмов, нарушают их развитие и даже приводят к гибели целых сообществ и видов.

Объекты железнодорожного транспорта потребляют большое количество различных видов топлива (угля, газа, дизельного топлива, бензина и др.), используемого для обеспечения производственных процессов, отопления и работы подвижного состава. Количество топлива, потребляемого подвижным составом, зависит от вида используемых энергетических установок, их мощности, режимов работы, технического состояния.

Факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду можно классифицировать по следующим признакам: механические (твердые отходы, механическое воздействие на почвы строительных, дорожных, путевых и других машин); физические (тепловые излучения, электрические поля, электромагнитные поля, шум, инфразвук, ультразвук, вибрация, радиация и др.); химические вещества и соединения (кислоты, щелочи, соли металлов, альдегиды, ароматические углеводороды, краски и растворители, органические кислоты и соединения, антисептики для шпал и др.), которые подразделяются на чрезвычайно опасные, высоко опасные, опасные и малоопасные; биологические (макро- и микроорганизмы, бактерии, вирусы, простейшие и их производные). Эти факторы могут действовать на природную среду долговременно, сравнительно недолго, кратковременно и много временно. Время действия факторов не всегда определяет размер вреда, наносимого природе. Например, взрывы, транспортные катастрофы происходят быстро, но ущерб от них может исчисляться миллиардами гривен и гибелью сотен людей.

Основными направлениями снижения величины загрязнений окружающей среды являются: рациональный выбор технологических процессов для производства готовой продукции и ее транспортирования; применение экологически чистого производственного оборудования и подвижного состава, своевременное их обслуживание и ремонт; использование средств защиты окружающей среды и поддержание их в исправном состоянии.

Для повышения экологической безопасности функционирующих объектов железнодорожного транспорта ужесточаются требования к обеспечению достоверности проектных решений как предприятия в целом, так и его подразделений; обеспечивается строгое выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, транспортных, газовых и других видов магистралей, предупредительного и аварийно-восстановительного оборудования; совершенствуется структура сбора и обработки информации о функционировании производственных и транспортных систем; внедряются автоматизированные системы контроля технического состояния объектов и экологической обстановки; в процессе испытаний производственного и энергетического оборудования, а также строительных конструкций ужесточаются режимы нагрузок с целью выявления до критических дефектов.

#### Список литературы

1. Автомобильный транспорт Республики Казахстан ч. 1. 2008 г. /Агентство по статистике. - Астана, 2009.
2. Инициатива Астаны «Зеленый мост»: Партнерство стран Европы, Азии и Тихого океана по реализации «зеленого» роста», утвержденная шестой Конференцией министров по окружающей среде и развитию в Азиатско-Тихоокеанском регионе 2 октября 2010 года.
3. План мероприятий Правительства Республики Казахстан по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике».

#### **Мобильное устройство для прогрева грунта и дорожного покрытия при аварийно-ремонтных и восстановительных работах**

*Синицын А.А., Тюкин Н.Н., Ильичев Е.А.*

*Вологодский государственный университет, Россия, г. Вологда*

[nee-energo@yandex.ru](mailto:nee-energo@yandex.ru)

Поиск новых технологических решений и систем подготовки грунта при ремонтно-строительных и аварийных работах является важной задачей в нашей стране в связи с ее суровыми

природно-климатическими условиями. Повышенная механическая прочность мерзлых грунтов препятствует их разработке обычными техническими средствами, что вызывает необходимость предварительной подготовки таких грунтов. Применяют следующие основные методы подготовки грунта в зимних условиях: оттаивание с последующей разработкой талого грунта, предварительное механическое рыхление и разработка мерзлого грунта. Механизированные методы в настоящее время наиболее распространены, однако применение специальных средств рыхления или резания на отдельные куски в условиях сложного городского подземного хозяйства затруднено, а иногда - невозможно по техническим требованиям и соображениям безопасности. В городских условиях проблема разработки мерзлых грунтов возникает, в первую очередь, перед аварийными, коммунальными и энергоснабжающими службами и организациями. Большое число аварийных ситуаций в зимний период связано с разрывами трубопроводов различного назначения. Время восстановления работоспособности участка напрямую зависит от скорости вскрытия ремонтной бригадой поврежденного трубопровода. Еще одним важным аспектом поднятой выше проблемы является подготовка грунта перед строительством - задача, возникающая перед строительными организациями, ведущими работы в зимний период. Применение специальных средств рыхления или резания грунта не позволяет использовать полученную смесь без достаточного количества талого грунта для возведения насыпей, засыпки траншей и пазух котлованов из-за невозможности качественного уплотнения, поскольку приводит к просадкам грунта после оттаивания. В таких условиях применение альтернативных способов подготовки грунта при ремонтно-строительных и аварийных работах расширяет технические возможности организации и позволяет обеспечить эффективность проводимых работ. Эти задачи могут быть решены с помощью организации оттаивания грунта [1].

Оттаивание мерзлых грунтов по большинству показателей менее эффективно по сравнению с использованием механизированных методов. Но при небольших объемах работ, в стесненных условиях сложного городского подземного хозяйства, труднодоступных местах и в тех случаях, когда невозможно использовать более экономичные и менее энергоемкие способы прибегают к оттаиванию мерзлых грунтов. Существует большое количество способов отогрева грунта в зависимости от источника тепла (электроэнергии, пара, газа, мазута, кокса, горячих шлаков и пр.) и принципа действия. При этом сущность метода оттаивания заключается в том, что теплота, передаваемая в слой мерзлого грунта, растапливает лед в его порах и обращает грунт в талое состояние [2]. Существующие методы оттаивания имеют ограниченное применение вследствие высоких энергетических и временных затрат или неприемлемы из соображений безопасности при раскопке инженерных коммуникаций (газовых, электрических сетей). Так оттаивание мерзлого грунта с применением открытого огня и электрического поля ограничено при проведении некоторых видов работ, к примеру, отогрев площадки с замерзшими газопроводами необходимо производить только нагретым теплоносителем. В связи с этим возникает необходимость поиска наиболее эффективного, технически безопасного и экономически оправданного метода оттаивания мерзлого грунта [3].

Обобщая приведенные аргументы, можно заключить, что поставленная задача, а именно - создание энергоэффективной мобильной установки для быстрого оттаивания мерзлых грунтов при проведении ремонтно-строительных и аварийных работ, является актуальной.

Разрабатываемое устройство относится к теплоэнергетике и строительству и может быть использовано в качестве источника тепловой энергии для нагрева любых рабочих тел, обнаружения внутренних дефектов в рабочих телах тепловым методом неразрушающего контроля, при аварийных и ремонтно-строительных работах для обогрева, отогрева мерзлого грунта, бетона, дорожного покрытия и других строительных материалов. Устройство может применяться при энергетических и технических обследованиях различных строительных элементов зданий, сооружений, строений.

Выбор оптимального варианта установки. Обзор современного состояния технического уровня развития средств и методов оттаивания мерзлых грунтов показал большое их разнообразие. Конкурентная продукция представлена на рынке технических средств следующими устройствами: аппараты для прогрева почвы и бетона WACKER NEUSON, парогенераторы STEAM MATE, жидкотопливные инфракрасные нагреватели Master XL, термоэлектрические маты ТЕРМОМАТ и др.

На фиг.1 изображена принципиальная схема установки, состоящей из теплоизолированной снизу платформы 1, на которой размещен электрогенератор 2 и теплогенератор, включающий в себя теплоизоляционный корпус 3, вентиляторный блок 4, горелочное устройство 5, камеру

сгорания 6, воздушную решетку 7, систему регулирования мощности 8 и систему подачи газового топлива 9. От теплогенератора отходит поворотный патрубок 10, проходящий через круглый проем в платформе 1, на конце которого размещен завихритель 11. Электрогенератор 2 снабжен крышкой для заполнения жидким топливом 12, трубой отвода выхлопных газов 13 и патрубком подачи воздуха 14. Платформа 1 устанавливается на неровную поверхность земли при помощи меняющих высоту нога 15, при этом по всему периметру платформы до поверхности земли размещена защитная юбка 16. Для снабжения газовым топливом предусмотрен отдельно стоящий баллон 17. Для перемещения платформы 1 устроены рукояти 18. Для защиты оборудования платформы 1 устроен съемный тент 19.

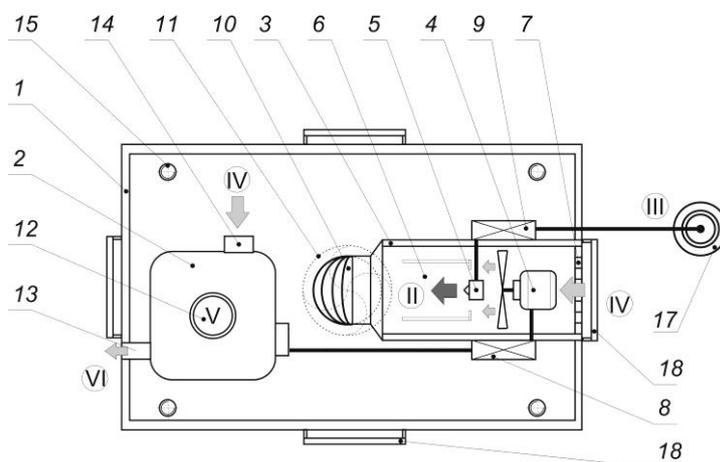


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

Для создания горячего теплоносителя I, состоящего из дымовых газов II от сгорания газового топлива III и воздуха IV в электрогенераторе 2 предусмотрено сжигание жидкого топлива V с отводом выхлопных газов VI.

Устройство работает следующим образом. Платформу 1 переносят с помощью рукоятей 18, устанавливают строго горизонтально с помощью ног 15 на поверхности земли в зоне прогрева F. Баллон 17 размещают на расстоянии не менее 1 метра от базовой части и соединяют с ней газовым резиновым или резино-полимерным шлангом (условно не показан), после чего открывают газовый редуктор баллона (условно не показан).

Заправка электрогенератора 2 осуществляется через крышку для заполнения жидким топливом 12. Запуск выполняется с помощью блока управления (условно не показан). За счет сгорания топливно-воздушной смеси, состоящей из жидкого топлива V и воздуха IV вырабатывается электрическая энергия, которая обеспечит бесперебойную работу теплогенератора. Образующиеся продукты сгорания удаляются через трубу отвода выхлопных газов 13.

После запуска электрогенератора и выхода его на стационарный режим производят включение теплогенератора и выбирают режим нагрева через систему регулирования мощности 8 и систему подачи газового топлива 9. Включается вентиляторный блок 4, нагнетающий воздух IV из окружающей среды через воздушную решетку 7 к горелочному устройству 5. Одновременно к нему через систему подачи газового топлива 9 из баллона 17 подается газовое топливо III, где смешивается с воздухом, образуя газо-воздушную смесь, которая горит в камере сгорания 6. При этом выделяются дымовые газы II, которые направляются вдоль камеры сгорания на выход из теплогенератора, смешиваются с воздухом IV, образуя горячий теплоноситель I.

Посредством поворотного патрубка 10 горячий теплоноситель I направляется под платформу 1, при этом на выходе расположен завихритель 11, в котором поток горячего теплоносителя I закручивается, тем самым создается циркуляционное движение среды в пространстве, ограниченном защитной юбкой 16. После выхода теплогенератора на стационарный режим контролируется производительность установки с помощью системы регулирования мощности 8.

Достоинством предложенного устройства является то, что, по сравнению с другими средствами нагрева, отогрева, обогрева рабочих тел, например, мерзлого грунта, бетона, дорожного покрытия, предложенное устройство работает автономно без подключения к системам энергоснабжения, не зависит от качества поверхности размещения установки (вплоть до 30%-ном

уклоне поверхности) и ее состояния (лед, вода, песок). При этом осуществляется быстрая скорость и большая глубина прогрева рабочего тела. Предложенное устройство мобильно и может обслуживаться бригадой в количестве двух человек.

Таким образом, предложенное устройство позволяет решить задачу нагрева, отогрева, обогрева рабочих тел (мерзлого грунта, бетона, дорожного покрытия) радиационно-конвективным способом при аварийных и ремонтно-строительных работах, повысить качество, надежность и эффективность устройств подобного класса, применяемых для нагрева любых рабочих тел, проводить энергетические и технические обследования различных строительных элементов зданий, сооружений, строений, проводить дефектоскопию рабочих тел.

Как показали расчетно-экспериментальные исследования устройства для конвективного оттаивания мерзлого песчаного грунта, проводимые кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» при ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет», глубина оттаивания увеличивается по зависимостям, сходным с зависимостями, определяемыми аналитическими и численными расчетами по различным известным математическим моделям и экспериментальным данным. При этом конвективный способ нагрева позволяет в несколько раз быстрее осуществить оттаивание рабочих тел по сравнению с другими известными способами.

По таким показателям, как удельная мощность отогрева на 1 м<sup>2</sup> грунта, время оттаивания на глубину 0,5 м, затраты на оттаивание, выраженные в денежном эквиваленте - руб./ч\*м<sup>2</sup>, а также температуре нагрева, предлагаемая установка является более эффективной. Рассматривая такие показатели, как габариты и масса установки, более привлекательным с точки зрения перемещения и транспортировки является термомат, однако принимая в расчет его малую эффективность при оттаивании (порядка 30 час.), данные преимущества отодвигаются на второй план. В виду того, что второй аналог - устройство для прогрева почвы и бетона Е700М – рассчитано на большие площади отогрева (до 400 м<sup>2</sup>), для наших условий подобное устройство неэффективно и нерационально.

Работа поддержана грантом имени выдающихся организаторов нефтяной и газовой промышленности (Байбакова Н.К., Динкова В.А., Картунова А.К., Мальцева Н.А., Муравленко В.И., Оруджева С.А., Филановского В.Ю., Шашина В.Д., Щербины Б.Е.) Международной Топливо-Энергетической Ассоциации (IFPA) и Министерством образования и науки Российской Федерации.

Проект удостоен золотой медали XIV Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед», 2011 г. Лауреат молодежного конкурса Russia Power и HydroVision Russia 2011 («PennWell», Великобритания).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

#### Список литературы

1. Sinitsyn, A.A. The calculation of the characteristics and of the geometrical sizes of power devices / A.A. Sinitsyn // European Applied Sciences, April, 2013, №4, vol. 1 - pp. 151-154.
2. Yang, M. The soil moisture distribution, thawing-freezing processes and their effects on the seasonal transition on the Qinghai-xizang (Tibetan) Plateau / M. Yang, T. Yao, X. Gou, T.Koike, Y.He // Journal of Asian Earth Sciences. 2003. T. 21. № 5. С. 457-465.
3. Sinitsyn, A.A. Simulation of fire engineering processes in energy devices aimed at their optimization and improvement of reliability / A.A. Sinitsyn // Life Science Journal, the Acta Zhengzhou University Oversea Version. Marsland Press: New York, 2013;10(8s). p. 442-447.

#### Основная проблема пожаровзрывобезопасности в шахтных технологических объемах и оценка уровня безопасности рабочего персонала в них

*К.С Скорюпина*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
krisrox2@mail.ru*

Шахта - промышленное предприятие, осуществляющее добычу пластовых полезных ископаемых подземным способом и отгрузку их потребителю или на горно-обогательную фабрику. Добыча угля в шахтах самый популярный способ, но и в то же время самый опасный.

Проблема обеспечения безопасности в шахтах, разрабатывающих метаноносные пласты угля, продолжает оставаться актуальной в России и за рубежом.

В угольных пластах выделяются разные газы, но наиболее часто метан (СН<sub>4</sub>). Для предупреждения взрывов метана и угольной пыли в угольных шахтах необходимо вести непрерывный контроль за содержанием метана в воздухе и обеспечивать удаление пыли из шахтных вентиляционных каналов.

Техническое перевооружение угольной промышленности, внедрение прогрессивных технологических схем выемки угля, повышение культуры производства способствовали в последние годы снижению аварийности в угольных шахтах. Однако, недостаточная изученность горнотехнических условий добычи угля, потенциальная возможность газовыделения в горные выработки и наличие в них мелкодисперсной пыли, нарушение технологии очистных и проходческих работ могут быть причиной возникновения аварий.

Взрывы газа и угольной пыли относятся к авариям с наиболее тяжкими последствиями в социальном и экономическом плане. Нередко они сопровождаются групповыми несчастными случаями [2].

К сожалению, взрывы газа и пыли на угольных шахтах России в последние годы стали доминирующими травмирующими факторами по сравнению с другими видами аварий с групповыми несчастными случаями. Существует нормативная база, регламентирующая безопасность ведения горных работ на угольных шахтах по пылегазовому фактору [4]. Однако за прошедший период существенно изменилась технология подземной угледобычи, что отрицательно сказалось на факторах риска взрывов газа и угольной пыли.

В целом мероприятия по предупреждению взрывов в угольных шахтах малоэффективны и в определенных условиях не гарантируют безопасность [5].

Целью работы является рассмотрение проблемы пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов для оценки уровня безопасности в них.

Для достижения цели в работе решались следующие задачи:

Изучить литературные источники о проблемах пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов;

Выявить уровень безопасности горняков в шахтах.

Горнодобывающая промышленность имеет целью добычу и первичное обогащение полезных ископаемых. Она поставляет минеральное топливо – уголь, торф, нефть, газ, и другое полезное сырье, что является значительной частью экономики государства и определяет его самостоятельность и обороноспособность.

Для горнодобывающей промышленности характерны:

огромное влияние на окружающую среду;

постоянное перемещение рабочего места, что предъявляет особые требования к средствам механизации и автоматизации производства;

постоянное увеличение глубины горных работ, что обуславливает ухудшение горно-геологических условий разработки, возможность возникновения газодинамических явлений, рост температуры рудничной атмосферы.

Все это создает предпосылки к снижению комфортности и повышению опасности труда.

Взрывы газа и угольной пыли относятся к авариям с наиболее тяжкими последствиями в социальном и экономическом плане.

Как показывает практика, обеспечение надежной пылевзрывозащиты – это сложная организационно-техническая задача, решение которой зависит от объективной оценки факторов опасности взрыва. Основные из них:

1. чувствительность системы, как отложившейся пыли в виде геля, так и взвешенной к источникам зажигания;

2. масса отложившейся пыли на единицу поверхности выработки и горношахтного оборудования;

3. способы и параметры профилактических мероприятий по предупреждению образования опасных концентраций метана и аэрозоля из отложившейся пыли;

4. способы локализации взрыва пылегазовоздушных смесей в выработках.

Совершенствование системы локализации вероятных взрывов газа и угольной пыли – составная часть проблемы взрывозащиты шахт, решение которой одна из важнейших задач в области техники безопасности и охраны труда на ближайшие годы.

В настоящее время на большинстве шахт в России для локализации взрывов применяются пассивные заслоны, в которых в качестве гасящего материала используется инертная пыль или

вода. Сланцевые заслоны, применяемые на угольных шахтах с момента их внедрения, не претерпели существенных изменений.

Основное требование к инертной пыли – способность легко переходить во взвешенное состояние после длительного пребывания во влажной атмосфере. Это требование губительно сказывается на эффективности сланцевых заслонов, т.е. с увеличением расхода воздуха и сечений выработок резко возрастает локальная турбулентность вентиляционной струи, обуславливающая унос свежей пыли с полок, а при нахождении в атмосфере с относительной влажностью более 80%, пыль слеживается, что требует ее частую замену. В целях увеличения срока пригодности допускалось полки заслона загружать расфасованной в мешки инертной пылью. После аварии на шахте «Ульяновская» такая загрузка запрещена, так как сланцевая пыль не перешла во взвешенное состояние, осталась в мешках, т.е. заслоны не выполнили свои функции – не локализовали взрыв и допустили распространение его по сети горных выработок. Как результат – гибель горняков.

Исследования, выполненные Главным институтом горного дела (г. Катовице, Польша) и МакНИИ (г. Макеевка, Украина) в экспериментальных штольнях, показали, что пассивные сланцевые заслоны эффективны только при подавлении балансирующих и слабых взрывов [3].

Таким образом, пассивные заслоны как громоздкие стационарные сооружения не способны локализовать взрыв в выработках с многочисленными и относительно подвижными потенциальными источниками воспламенения из-за сложности в производственных условиях, которые должны постоянно поддерживать допустимые расстояния их установки. Надежность действия заслонов в допустимом диапазоне скоростей горения зависит от качества изготовления и установки полок, соблюдения норм загрузки заслона инертной пылью или заполнения водой и сохранения этих норм в процессе эксплуатации.

В шахтных условиях трудно выполнить эти нормы, поэтому практика свидетельствует о повседневном нарушении действующих требований и как результат частые взрывы на шахтах и гибели шахтеры.

По указанным причинам применение, как водяных, так и сланцевых заслонов на практике оказывается неэффективным. Вместе с тем дальнейшее развитие угольной промышленности сопряжено с разработкой более глубоких горизонтов, применением более производительных технологий и механизмов с увеличивающейся их энерговооруженностью, что приводит к повышению интенсивности газо- и пылевыведения в шахтах, а также к росту вероятности появления различных источников воспламенения, т.е. к усилению факторов, способствующих возникновению взрывов. Это обстоятельство вызывает необходимость совершенствовать весь комплекс взрывозащиты угольных шахт, в том числе и средств локализации взрывов (вспышек) метана и угольной пыли, что позволило бы исключить сопряженные с ними травматизм горнорабочих и материальный ущерб.

Во всем мире широко проводились научные исследования по созданию автоматических средств локализации взрывов метана и угольной пыли специальными ингибиторными порошками. На основании результатов испытаний опытных образцов автоматических систем в последних редакциях ПБ в угольных шахтах стран СНГ предписывается применять сланцевые заслоны только до внедрения автоматических систем. Автоматические системы снабжаются независимым от внешних условий источником энергии, служащим для принудительного диспергирования и подачи в зону воспламенения взрывоподавляющего вещества по сигналу датчика, реагирующего на какое-либо физическое явление, сопровождающее вспышку (взрыв). Такие устройства представляют собой постоянно функционирующие системы, срабатывающие при возникновении вспышки или ударно-воздушной волны от взрыва метана и (или) угольной пыли. Гашение пламени взрыва осуществляется значительно меньшим количеством гасящего вещества. Устройства имеют небольшие габариты и массу, что позволяет их легко перемещать по выработке по мере развития горных работ, не загромождая свободное пространство горной выработки.

Наиболее удачной разработкой в этой области является автоматическая система взрывоподавления и локализации взрывов АСВП-ЛВ (Россия), которая срабатывает от воздействия ударно-воздушной волной (УВВ) с быстродействием 15-20 м/с - это лучший в мире показатель для таких устройств [1]. Система работает в ждущем режиме и приводится в действие УВВ, образованной в результате взрыва метано-пылевоздушной смеси. УВВ воздействует на приёмный щит, приёмный щит формирует механический импульс и через выносные штанги передаёт его на устройство срабатывания. После срабатывания этого устройства сжатый, находящийся в рабочей полости устройства воздух, поступает в промежуточную камеру и бункер УЛВ, где происходит выбрасывание в пространство горной выработки пламегасящего порошка. В

результате в объёме горной выработки по всему её сечению на пути распространения фронта пламени формируется надежный заслон в виде долгоживущего облака пламегасящего порошка во взвешенном состоянии. Этот заслон ликвидирует подошедший фронт пламени и прекращает процесс распространения взрывов по сети горных выработок.

В настоящее время вопрос безопасности шахтеров на угольных шахтах состоит на особом контроле, т.к. всегда существует вероятность взрыва, поэтому необходимы разработка и установка в шахтах автоматических систем взрывоподавления, которые имели бы высокие технические характеристики по быстрдействию и параметрам создаваемого локализирующего облака взрывоподавляющего порошка, а также соответствовали горнотехническим условиям добычи угля. Это поможет заранее вывести горняков из шахты и сохранить их бесценные жизни.

Таким образом: в результате проведенного исследования было установлено, что необходимо совершенствовать автоматические системы взрывоподавления и локализации взрывов, развивать представления о начальных стадиях развития аварийной ситуации, что бы предотвращать их еще на уровне технологического процесса. Тогда можно ожидать, что уровень безопасности горняков в шахтах будет удовлетворительным.

#### Список литературы

1. Джигрин А.В., Горлов Ю.В., Чигрин В.Д. Автоматическая система взрывоподавления – локализации взрывов метановоздушной смеси и угольной пыли в подземных горных выработках угольных шахт// Безопасность труда в промышленности. – 2003. – № 8. – С. 22-26.
2. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. – Макеевка: МакНИИ, 2002. – 392 с.
3. Либецкий К. Пылевые опасности в горнодобывающей промышленности// Главный институт горного дела, Польша. – Катовице, 2004. – 486 с.
4. ПБ 05-618-03. Правила безопасности в угольных шахтах. – Сер. 5. – Вып. 11/ Колл. авт. – М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 296 с.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. – М.: Недра, 1973. – 510 с.

#### О влиянии инфракрасного отопления на организм человека

*Ю.С. Солнышкова, А.И. Погодиин, Н.А. Хан, М.Н. Мечтаева, В.В. Галчинская*

*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, Россия, г. Иваново  
yusoln@mail.ru*

В настоящее время в связи с повышенным вниманием к проблеме сбережения энергетических ресурсов, а также обязательности проведения энергетических обследований для большинства юридических лиц, необходимым является внедрение типовых и не типовых энергосберегающих мероприятий. Одним из мероприятий, получившим распространение в основном для помещений производственных зданий с высотой потолков более 4 м, является установка систем лучистого (инфракрасного) отопления. Системы радиационного отопления зданий обладают рядом преимуществ перед традиционными системами отопления, которые были подробно изложены в [1]. Однако данные системы отопления имеют и недостатки, которые необходимо учитывать при рассмотрении возможности установки излучателей в конкретном помещении. Например, с особой осторожностью необходимо предлагать данное мероприятие в общественных помещениях из-за особенности влияния инфракрасного излучения (ИК-излучения) на организм человека.

Инфракрасное излучение представляет собой электромагнитное излучение в диапазоне волн  $\lambda = 0,76 \dots 1000$  мкм. Источником ИК-лучей служит любое нагретое тело, в том числе и организм человека. Тепловое излучение глубоко проникает в организм, вызывая его максимальный прогрев. Именно на этом свойстве основан эффект теплового лечения, широко используемого в физиотерапии.

Важная характеристика ИК-излучения – длина волны излучения. Лучи коротковолнового диапазона (лучи Фохта) с длиной волны  $\lambda = 1,5 \dots 2,4$  мкм обладают способностью проникать в ткань человеческого организма на несколько сантиметров. Такое ИК излучение легко проникает через кожу и черепную коробку в мозговую ткань и может воздействовать на клетки головного мозга, вызывая его тяжелые поражения, симптомами которых являются рвота, головокружение, расширение кровеносных сосудов кожи, падение кровяного давления, нарушение кровообращения и дыхания, судороги, иногда потеря сознания. Длинные инфракрасные лучи с

длинной волны  $\lambda = 2,4 \dots 2000$  мкм не проникают глубоко в кожу человека и оказывают благоприятный для человека тепловой эффект.

Вопросом влияния инфракрасного излучения на организм человека ученые начали интересоваться еще в начале XX века. Инфракрасные лучи для лечения болезней начали использоваться довольно давно. Считалось, что инфракрасные лучи не оказывают никакого химического, биологического или прямого физиологического действия на ткани. Эффект, производимый данными лучами, основан на проникновении и поглощении их тканями, вследствие чего инфракрасные лучи играют в основном тепловую роль. Воздействие инфракрасных лучей сводилось к их косвенному проявлению — изменению теплового градиента в коже, либо на ее поверхности. Позднее было доказано, что инфракрасные лучи оказывают одновременно болеутоляющее, антиспазматическое, противовоспалительное циркуляторное, стимулирующее и отвлекающее действие. ИК-излучение также позволяет ослабить действие ядохимикатов, способствует повышению неспецифического иммунитета. Также замечено, что хирургическое вмешательство, проведенное при инфракрасном излучении, обладает некоторыми преимуществами – переносятся легче послеоперационные боли, быстро происходит и регенерация клеток.

Однако в 30 – 40 гг. XX века использование ИК-лучей не получило широкого распространения в медицинской практике из-за установленного отрицательного действия его коротких лучей, которые вызывают выраженные повреждения глаза и особенно хрусталика.

Доктором медицинских наук Л.А. Гвозденко [2] были проведены экспериментальные исследования по влиянию ИК – излучения на здоровье человека (патология сердечно-сосудистой системы, заболевания центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта, аллергических заболеваний и заболеваний органов зрения) в зависимости от состава излучения и его интенсивности. В зависимости от состава излучения автором статьи [2] выделено четыре группы источников: группа Ia ( $t = 35 \dots 300^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 5,8 \dots 9$  мкм – темное свечение), группа Ib ( $t = 300 \dots 700^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 3,5 \dots 5$  мкм – темно-красное свечение), группа Iv ( $t = 700 \dots 1000^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 2,5 \dots 3,5$  мкм – красное свечение) и группа Ig ( $t = 1000 \dots 1500^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 0,76 \dots 2,5$  мкм – белое свечение). Эксперимент по облучению спектральным составом для всех четырех групп был выполнен на добровольцах. В результате своей работы Л.А. Гвозденко приводит данные о величине допустимой облученности при двух параметрах тепловой защиты человека, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Допустимая облученность

$\lambda_{\text{max}}$ , мкм	Интенсивность облучения ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ )	
	Тепловая защита, кло	
	0,6 – 0,8	> 1
1,5	35,0	65,0
3,0	50,0	100,0
4,5	75,0	140,0
6,0	100,0	120,0

В исследованиях отечественных гигиенистов доказано, что ИК-излучение, в отличие от конвективного тепла, имеет специфические особенности формирования реакции организма, которые в значительной степени связаны с особенностями физической природы этого фактора.

Биологическое действие энергии излучения зависит не только от спектрального диапазона электромагнитных волн, но и от интенсивности и времени действия излучения. Санитарные правила и нормы (СанПиН [3]) регламентируют допустимую интенсивность ИК-облучения поверхности тела человека, указанную в таблице 2.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания работающего в зоне действия излучения. Безопасное время пребывания человека в зоне действия ИК излучения зависит от его интенсивности (плотности потока) и приведено в таблице 3.

Таблица 2. Допустимая интенсивность ИК-облучения,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ 

Площадь облучаемой обнаженной поверхности тела, $\text{м}^2$	Длина волн максимума энергии излучения источника ( $\gamma_{\text{max}}$ ), мкм			
	1,5	3,0	4,5	6,0
до 0,4	35	50	75	50
до 0,2	65	100	140	100

Таблица 3. Время безопасного пребывания людей в зоне ИК излучения

Плотность потока ИК излучения, Вт/м <sup>2</sup>	до 350	500	700	1200	2000	2100
Время пребывания, мин	не ограничено	20	15	10	5	4,5

Необходимо отметить, что температура окружающих человека предметов так же играет весьма существенную роль в обеспечении комфортных условий, как в быту, так и общественных и промышленных зданиях, поэтому при установлении санитарно-гигиенических норм необходимо учитывать окружение человека не только воздушной средой, но и твердыми ограждениями, температура которых существенно влияет на микроклимат в помещениях всех типов: жилых, общественных и производственных.

Выводы.

1. При установке системы лучистого отопления в помещении следует учитывать влияние инфракрасных лучей на организм человека.

2. Для работы в условиях повышенной облученности следует применять средства индивидуальной защиты или сокращать время пребывания в рабочей зоне.

3. В расчете систем лучистого отопления необходимо учитывать окружение человека не только воздушной средой, но и твердыми ограждениями, температура которых существенно влияет на микроклимат в помещениях всех типов.

#### Список литературы

1. Бухмиров В.В. Обоснование разработки современной методики расчета лучистого отопления [Текст] / Погоядин А.И., Найденко В.А., Бухмиров В.В., Солнышкова Ю.С. // Научное обеспечение жилищно-коммунального хозяйства: Сборник материалов I международной научно-практической конференции/Т.С. Рахимбеков, Д.А. Егизбаев, Н.Ж. Муслимов – Астана, 2012. - С. 60 - 63.
2. Гвозденко Л.А. Обоснование допустимых нормативов облученности инфракрасным излучением в зависимости от его спектрального состава [Текст] / Л.А. Гвозденко // Медицина труда и промышленная экология. – М.: Учреждение РАМН НИИ медицины труда РАМН, 1999, №12. – С. 13-18.
3. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

#### Оценка гидроэнергетических ресурсов казахстана

*Сопруненко Э.Е., Назаренко О.Б.*

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

В современных развитых странах параметры качества жизни выдвигаются на первый план. В связи с чем такие экологически безопасные виды электроэнергетики как гидро-, ветро-, био- и гелиоэнергетика, а также геотермальная энергетика становятся особо актуальными.

Современная гидроэнергетика по сравнению с другими традиционными видами электроэнергетики является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Малая гидроэнергетика способствует снижению нагрузки электроэнергетики на окружающую среду. Строительство и эксплуатации малых гидроэлектростанций (ГЭС) позволит сохранить природный ландшафт, окружающую среду как при строительстве, так и в процессе эксплуатации. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды. Вода практически полностью сохраняет первоначальные природные свойства, может использоваться для водоснабжения населения.

В соответствии со стандартом ГОСТ Р 51238-98 «Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения» к малым ГЭС относятся агрегаты единичной мощностью от 100 кВт до 30 МВт, а в случае установки нескольких гидроагрегатов – станции суммарной установленной мощностью от 1000 кВт до 30 МВт.

Мировым лидером в малой гидроэнергетике считается Китай, где к концу 2008 г. мощность малых ГЭС превысила 50000 МВт [1]. В настоящее время почти половина территории Китая и четвертая часть населения страны обеспечены электроэнергией за счет малых ГЭС. В Индии установленная мощность введенных в эксплуатацию к 2010 г. малых ГЭС превысила 200 МВт и намечено строительство еще 4000 станций с общей проектной мощностью 8370 МВт. Эффективно

работают малые ГЭС в ряде Европейских стран, в том числе в Австрии, Финляндии, Норвегии, Швейцарии и др.

В Республике Казахстан имеется огромный запас энергоресурсов малых рек. Гидроэнергетический потенциал Казахстана составляет более 170 млрд. кВт·ч в год, из которых в настоящее время используется около 26 % [2]. Для повышения надежности энергоснабжения и улучшения экологической обстановки в Казахстане необходимо развивать гидроэнергетическое строительство, прежде всего строительство малых ГЭС, снижающих антропогенное воздействие на природную среду в процессе производства электроэнергии и использования водных ресурсов [3].

По территории республики гидроэнергетические ресурсы распределены крайне неравномерно. Большая часть гидроэнергетических ресурсов Казахстана сосредоточена в двух областях – Восточно-Казахстанской и Алматинской.

Гидроэнергетические ресурсы Восточно-Казахстанской области представлены рекой Иртыш и ее притоками, протекающими в горах Восточного Алтая, и являются наиболее перспективными для строительства ГЭС. В целом потенциальные ресурсы рек Восточного Казахстана составляют 42,7 млрд. кВт·ч, из них технически возможные – 29,2 млрд. кВт·ч, а экономически целесообразные к практическому использованию – 17,2 млрд. кВт·ч [4]. Среди них реализовано около 8 млрд. кВт·ч.

Сама река Иртыш в гидроэнергетическом отношении в значительной степени освоена трехступенчатым каскадом, состоящим из Бухтарминской ГЭС (675 МВт), Усть-Каменогорской ГЭС (331 МВт) и Шульбинской ГЭС (702 МВт). Последней, завершающей ступенью каскада должна стать Булакская (бывшая Семипалатинская) ГЭС, являющаяся контррегулятором Шульбинской ГЭС, предназначенная для выравнивания неравномерностей расхода воды, возникающих при работе мощной станции. Мощность Булакской ГЭС – 68 МВт, среднегодовая выработка – 348 млн. кВт·ч, кроме того, на Шульбинской ГЭС высвобождается 432 МВт пиковой мощности. По проекту готово ТЭО, однако начало строительства задерживается по причине проблем с землеотводом – в зоне затопления имеются особо охраняемые природные территории. Также возможно строительство второй очереди Шульбинской ГЭС после 2017 года.

Гидроэнергетические ресурсы Алматинской области представлены рядом рек бессточного Алаколь-Балхашского бассейна.

Река Тентек, стекает со склонов Джунгарского Алатау, впадает в оз. Сасыкколь. Среднегодовой расход – 42 м<sup>3</sup>/с. Верхнее и среднее течение реки имеют горный характер, слабозаселены и перспективны для гидроэнергетического освоения. Запланировано создание каскада ГЭС, включающего в себя Джунгарскую (68 МВт, 210 млн. кВт·ч), Тунгурузскую (32 МВт, 115 млн. кВт·ч) и Константиновскую ГЭС (100 МВт, 340 млн. кВт·ч). Из ограничений – в районе верховьев расположены два заказника, в дельте реки – Алакольский заповедник.

Река Каратал с притоками, стекает с горных хребтов Джунгарского Алатау, впадает в озеро Балхаш. Среднегодовой расход – 68 м<sup>3</sup>/сек. Используется в гидроэнергетическом отношении – уже эксплуатируются 4 малых ГЭС общей мощностью 22,6 МВт, причем три ГЭС построены с 2007 года, и строительство каскада продолжается (планируется порядка 10 ГЭС общей мощностью 50 МВт). Значительный интерес составляют притоки, характеризующиеся большим падением, такие как Коксу и Чиже. Так, на Коксу планируется строительство Кызылкунгейской ГЭС (150 МВт, 530 млн. кВт·ч), Кызылбулакской ГЭС (40 МВт, 240 млн. кВт·ч), Токтышак ГЭС-1 и ГЭС-2 (19,5 МВт, 118 млн. кВт·ч), Бондаревской ГЭС (32 МВт, 140 млн. кВт·ч), на реке Чиже – каскада из 4 ГЭС общей мощностью 49,6 МВт.

Крупнейшая река Балхаш-Алакольского бассейна – Или. На реке имеется Качагайская ГЭС мощностью 364 МВт, находящаяся в государственной собственности. Ниже нее запланировано создание контррегулятора – Кербулакской ГЭС мощностью 49,5 МВт, среднегодовой выработкой – 277 млн. кВт·ч, кроме того, на Капчагайской ГЭС высвобождается 112 МВт пиковой мощности. Проект находится в довольно продвинутой стадии, хотя строительные работы пока не начаты.

Весьма интересны в гидроэнергетическом плане притоки Или – Чарын, Чилик, Турген, Иссык. В частности, на Чарыне в настоящее время завершается строительство Крупной Мойнакской ГЭС мощностью 300 МВт и среднегодовой выработкой 1,27 млрд. кВт·ч. Данная ГЭС имеет много общего с Зарамагской ГЭС-1 – деривационная схема, близкая мощность, высокий напор, использование двух ковшовых турбин. В целом, на Чарыне планируется каскад из трех ГЭС общей мощностью 380 Мвт [4]. На Чилике предварительно запланированы три ГЭС общей мощностью 39 МВт. Реки, стекающие с Заилийского Алатау, при относительно небольших

расходах имеют значительные падения, что позволяет строить на них высоконапорные малые ГЭС – так, на не очень крупной реке Большая Алматинка еще в советское время был создан каскад из 10 ГЭС общей мощностью 49 МВт.

При современных подходах к использованию энергии малых рек и водотоков имеются широкие возможности для строительства мини- и малых ГЭС при существующих гидротехнических сооружениях эксплуатируемых ГЭС, ТЭС и АЭС; на существующих и строящихся гидроузлах неэнергетического назначения; на высокогорных водотоках в непосредственной близости от селений и сельскохозяйственных построек; в составе технического водоснабжения на промышленных предприятиях.

Согласно результатам работы [4], в настоящее время в Казахстане ГЭС являются основными маневренными энергоисточниками, способными покрывать пиковые нагрузки энергосистем, таковыми они и останутся в ближайшем будущем. Анализ показателей Алматинской и Алтайской энергосистем свидетельствует о высокой экономичности действующих ГЭС. Себестоимость электроэнергии на ГЭС по данным [4] в 10–20 раз ниже, чем на ТЭС. Например, в Алматинской энергосистеме на долю Капчагайской ГЭС приходится около 20 % выработки электроэнергии и около 50 % прибыли, а в Алтайской энергосистеме на долю Иртышских ГЭС – около 80 % выработки электроэнергии и практически вся получаемая прибыль.

Степень освоения экономически эффективных гидроэнергоресурсов в Республике Казахстан составляет 26 %. В экономически развитых странах этот показатель составляет следующие значения: 50–55 % в США и Канаде, от 60 до 90 % в странах Западной Европы и Японии. Интенсивное освоение гидроэнергетических ресурсов, как было отмечено ранее, ведется в Китае и Индии. В Российской Федерации доля объектов гидроэнергетики уже длительное время продолжает оставаться на уровне 20 %.

Наличие значительного неосвоенного гидроэнергетического потенциала, являющегося экономически и экологически эффективным, позволяет создать в Казахстане масштабную программу гидроэнергетического строительства из наиболее эффективных объектов регионального и межрегионального значения, прежде всего в энерго- и топливно-дефицитных районах с учетом реальных оценок будущего спроса и возможностей его удовлетворения.

В целях обеспечения эффективного использования возобновляемых ресурсов и источников энергии как фактора устойчивого развития экономики в Казахстане принята Стратегия эффективного использования энергии и возобновляемых ресурсов Республики Казахстан в целях устойчивого развития до 2024 года [5].

Для финансирования мероприятий могут быть задействованы средства Банка Развития Казахстана, Инвестиционного фонда Казахстана, Национального инновационного фонда.

#### Список литературы

1. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. – М.: - ЭНАС, 2010. – 352 с.
2. Чокин Ш.Ч., Сартаев Т.С., Шкрет А.Ф. Энергетика и электрификация Казахстана. – А.: Гылым, 1990. – 336 с.
3. Кариев Д.А. Гидроэнергетический потенциал рек Казахстана и уровень его использования // Вестник ТарГУ. – 2002. – № 2.
4. Кариев Д.А. Модернизация гидроэнергетических установок и использование возобновляющихся источников энергии в энергообеспечении (на примере Республики Казахстан): Автореферат дисс. ... д.т.н. – СПб, 1999. – 40 с.
5. Постановление Правительства Республики Казахстан от 24 января 2008 года № 60 «О Стратегии эффективного использования энергии и возобновляемых ресурсов Республики Казахстан в целях устойчивого развития до 2024 года» – Астана, 2008.

#### Реформа в методологии оценки условий труда

*Э.Е. Сопруненко, Н.А. Чулков*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[soprunenko.elina@yandex.kz](mailto:soprunenko.elina@yandex.kz)*

Существующее на данный момент правовое регулирование вопросов по предоставлению гарантий и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, является неполноценным и достаточно противоречивым.

Порядок аттестации рабочих мест по условиям труда, который имеет место быть сейчас, был утвержден на основании статьи 209 Трудового кодекса Российской Федерации приказом Минздравсоцразвития России [1]. Однако, в этих условиях формируется неоднозначная судебная практика по вопросам предоставления гарантий и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда.

В настоящее время гарантии и компенсации работникам, занятым на рабочих местах с вредными и опасными условиями труда предоставляются на основании следующих нормативных документов:

- списка производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день, утвержденного постановлением Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС от 25.10.1974 № 298/П-22, а также Типового положения об оценке условий труда на рабочих местах и порядке применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда, утвержденного Постановлением Госкомтруда СССР и Секретариата ВЦСПС от 03.10.1986 № 387/22-78;

- списков № 1 и № 2 производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение, утвержденных постановлением Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10 (Список № 1 производств, работ, профессий, должностей и показателей на подземных работах, на работах с особо вредными и особо тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях; Список № 2 производств, профессий, должностей и показателей с вредными и тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях).

Данная схема предоставления гарантий и компенсаций работникам была сформирована еще во времена СССР, однако функционирует и сейчас. Схема списочного компенсирования причиняемого работникам вреда была обусловлена тем, что единственным работодателем было государство, которое обеспечивало (должно было обеспечивать) одинаковые ( типовые) условия труда и производственные процессы в зависимости от профессий, должностей и видов выполняемых работ. Схема давала работникам государственные гарантии компенсации причиненного вреда здоровью в процессе трудовой деятельности, а также гарантированный государством доход в случае утраты способности самостоятельного заработка. Большим минусом применения данной схемы в наше время является тот факт, что если в данных списках отсутствуют виды работ, профессии и должности, имеющиеся у работодателя, компенсации работникам не предоставляются.

В настоящее время обеспечиваемые работодателями условия труда в рамках одного и того же вида деятельности могут иметь значительные различия [3,4]. Однако указанный выше списочный подход не позволяет методологически провести экономически справедливую дифференциацию затрат как работодателей, так и государства (в части пенсионной системы) в зависимости от степени реальной вредности и опасности условий труда на конкретном рабочем месте. Как следствие, работодателям невыгодно вкладывать средства в улучшение условий труда, поскольку никакие мероприятия по данному направлению не снизят их затраты по указанным выше направлениям.

На данный момент фактически две методики оценки условий труда на вредных и опасных рабочих местах, а именно:

- аттестация рабочих мест, осуществляемая на основании статьи 209 ТК РФ [5], с целью установления сокращенной продолжительности рабочего времени, продолжительности ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, размера повышения оплаты труда;

- специальная оценка условий труда, которая должна осуществляться на основании отдельного федерального закона во исполнение статьи 58.3 Федерального закона от 24 июля 2009 г. № 212-ФЗ в целях освобождения от уплаты дополнительных страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации.

Таким образом, указанные выше две процедуры, по сути, должны быть объединены и унифицированы с двумя главными целями. Во-первых, однократного проведения работодателем исследование рабочего места своих работников. Во-вторых, результаты данного исследования должны использоваться как в целях уплаты страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации, так и в целях предоставления иных гарантий и компенсаций в процессе осуществления работником его трудовой деятельности.

Такой методологический подход позволит, с одной стороны, максимально объективно решать вопрос о необходимости компенсации вредных (опасных) условий труда конкретному работнику на конкретном рабочем месте, и, с другой стороны, экономически простимулировать работодателей вкладывать средства в улучшение условий и в охрану труда в целях оптимизации своих дальнейших издержек (по предоставлению гарантий и компенсаций и по уплате дополнительных страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации).

Однако, разработка методики проведения специальной оценки условий труда должна осуществляться не самостоятельно, а в пакете с иными законодательными инициативами и подзаконными актами, и представлять собой целостный, комплексный законопроект, направленный на улучшение условий труда и замещение рабочих мест с вредными (опасными) условиями труда.

В состав вышеуказанного нормативного «пакета» вошли:

а) собственно законопроект федерального закона о специальной оценке условий труда;

б) поправки в ТК РФ, предусматривающие процедуру специальной оценки условий труда как основание для решения вопроса о предоставлении работнику гарантий и компенсаций в связи с работой во вредных и опасных условиях труда; подзаконные акты, конкретизирующие порядок, условия и размеры предоставления соответствующих гарантий и компенсаций, выдачи средств индивидуальной защиты (нормативный правовой акт Правительства Российской Федерации, вносящий изменения в постановление от 20 ноября 2008 г. № 870, и акты Минтруда России);

в) поправки в законодательство о страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, направленные на дифференциацию тарифов дополнительных страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации в зависимости от выявленного по результатам специальной оценки условий труда класса профессионального риска (класса условий труда);

г) поправки в пенсионное законодательство, регулирующие учет пенсионных прав и условия пенсионного обеспечения работников, за которых осуществляется уплата дополнительных взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации, а также особенности сохранения, учета и конвертации (при необходимости) прав работников, осуществляющих трудовую деятельность на рабочих местах, включенных в Списки № 1 и № 2 производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение, утвержденные постановлением Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10;

д) поправки в законодательство об обязательном социальном страховании, направленные на постепенный переход возмещения так называемого «досрочного» периода выплаты пенсии из системы обязательного пенсионного страхования в систему обязательного социального страхования с установлением процедуры индивидуальной оценки риска приобретения профессионального заболевания при условии продолжения работы и, соответственно, индивидуальной оценки нуждаемости в выплате страхового обеспечения досрочно.

По результатам специальной оценки условий труда на конкретном рабочем месте сроком на 5 лет устанавливается тариф дополнительных взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации, соответствующий присвоенному классу вредности (классу профессионального риска).

Таким образом, работодатель, имеющий рабочие места, отнесенные, например, к Списку № 1, будет освобожден от уплаты дополнительных взносов, только в случае снижения на этих рабочих местах класса вредности, подтвержденный специальной оценкой условий труда. В этом случае тариф дополнительных страховых взносов за эти рабочие места также снизится.

При этом уплата дополнительного тарифа страховых взносов осуществляться по правилам только в отношении работников, занятых на рабочих местах, предусмотренных Списками № 1 и № 2. За иных работников уплата страховых взносов по дополнительному тарифу не осуществляется вне зависимости от установленного по итогам специальной оценки класса условий труда.

Применение «списочного» подхода к формированию пенсионных прав граждан предлагается сохранить в отношении всех лиц, которые по состоянию на определенную дату будут иметь хотя бы один день трудового стажа работы во вредных и опасных условиях. Дату целесообразно установить с соблюдением конституционного принципа «разумного переходного периода» и «возможности адаптации действий и поведения граждан к меняющемуся правовому регулированию». С учетом изложенного представляется правильным установить после вступления закона в силу переходный период.

Оценка условий труда [6] методологически должна быть единым комплексом последовательно выполняемых мероприятий по идентификации потенциально вредных и (или)

опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на организм работника с учетом отклонения их фактических значений от утвержденных нормативов, а также от комплексного применения средств защиты. Оценка важна как для государств, так и для работников с целью обоснования компенсаций за вредные условия труда.

#### Список литературы

1. Приказ Минздравсоцразвития России от 26 апреля 2011 г. №342н «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».
2. Законопроект № 337970-6 «О специальной оценке условий труда», 03.09.2013 г.
3. Деренок, А. Н., Морозова В. В., Чулков Н. А. Особенности трудовых отношений в организациях энергетики в постреформенный период // Энергетика: экология, надежность, безопасность. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — с. 151-152.
4. Чулков Н.А. К стратегии по развитию системы управления охраной труда в отрасли //Всероссийское совещание руководителей учреждений профессионального образования и председателей профсоюзных комитетов по обеспечению здоровых и безопасных условий труда и учебы в подведомственных Рособразованию учреждениях высшего и среднего профессионального образования: Сборник материалов - Москва, 28 мая 2008. - Москва: Возрождение, 2008. - с. 108-111.
5. Трудовой кодекс РФ – М.: Юрайт-М, 2002.
6. [www.regulation.gov.ru,ID:00/03-5934/08-13/28-9-5](http://www.regulation.gov.ru>ID:00/03-5934/08-13/28-9-5).

УДК 622.648.24

#### Повышение экологической и промышленной безопасности предприятий угольной отрасли путем переработки водноугольных отходов

*А.В. Неведров, А.В. Папин, А.И. Сечин\**

*ФГБОУ ВПО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия,*

*\*НИ Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,*

Одним из главных негативных факторов ведения угледобычи является значительный ущерб, наносимый окружающей среде, в том числе и водному бассейну. В связи с этим все острее встает проблема охраны водных ресурсов ряда районов Кемеровской области и соседних регионов. Это обусловлено сбросами в прилегающие к промышленным предприятиям поверхностные водоемы и водотоки больших объемов шламовых вод, содержащих, как правило, взвешенные и растворенные примеси.

За длительное время эксплуатации угольных предприятий накопилось значительное количество водноугольных отходов (шламовых вод) и угольных шламов, в которых содержатся до 40-80% органической массы угля, причем, в будущем проблема будет стоять еще более остро, так как угольными предприятиями требуется подвергать обогащению практически весь добываемый уголь. При длительном хранении угольных шламов происходит окисление органической массы и возникает угроза их самовозгорания.

Перевод угольных шламов в технологически приемлемую продукцию позволит не только улучшить экологическую обстановку в регионе, но и получить существенный экономический эффект, повысить их промышленную безопасность.

Для решения этой задачи нами была разработана технология комплексной переработки шламовых вод предприятий угольной отрасли.

Согласно данной технологии первоначальным этапом утилизации шламовых вод является отделение угольной составляющей (твердой фазы) от жидкой фазы, путем сгущения. В результате получают два полупродукта – сгущенный угольный шлам, представляющий собой суспензию с содержанием твердой фазы 60-75% мас., и техническая вода.

Отделенный угольный шлам подвергали обогащению. На выходе получали концентрат с зольностью  $A^d$  до 10 % мас., выходом летучих веществ  $V^{daf}$  = 26-28 % и влажностью  $W^a$  = 7-12 %.

Хвосты обогащения могут использоваться в технологиях извлечения ценных, редких рассеянных элементов, строительных материалов и т.п.

Техническую воду отстаивали, отделяли от остатков твердой фазы и очищали физико-химическими методами.

Кроме взвешенных нерастворимых веществ в оборотных водах угольных предприятий велико содержание растворимых солей. Снизить содержание растворимых веществ можно методами химической или физико-химической водоподготовки, это особенно необходимо делать, если в дальнейшем планируется применение воды в теплообменных системах, так как велика вероятность образования накипи.

Для защиты теплообменного и теплофикационного оборудования систем оборотного водоснабжения и водяного отопления, использующих в качестве теплоносителя или хладагента очищенную от механических и органических примесей шламовую воду (техническую воду) возможно использовать стабилизационную обработку воды постоянным электрическим током.

Были проведены исследования по определению противонакипного эффекта обработки технической воды электрическим полем при различных его параметрах. Исследования проводились на технической воде ЦОФ «Березовская», имеющей общую жесткость 2,6 ммоль/л, ХПК 5,84 мгО/л, рН=7,96, сухой остаток 430 мг/л. Обработка технической воды электрическим полем осуществлялась при плотности электрического тока на катоде в пределах 5-15 А/м<sup>2</sup>. Количество накипи, отложившейся на нагревательном элементе, определялось гравиметрическим методом.

Результаты проведенных экспериментов на технической воде ЦОФ «Березовская» представлены в табл.1.

Из данных, представленных в табл.1, видно, что с повышением плотности анодного и катодного тока, происходит увеличение противонакипного эффекта обработки технической воды электрическим полем. Достижимый противонакипный эффект обработки воды электрическим полем позволяет обеспечить надежную защищенность водогрейного оборудования от накипи.

Таблица 1. Противонакипные эффекты обработки воды электрическим полем

№ п/п	Плотность электрического тока, А/м <sup>2</sup>		Противонакипный эффект, %
	на аноде	на катоде	
1	10	5	63
2	20	10	74
3	30	15	78

Главным преимуществом антинакипной обработки воды электрическим полем является то, что данный метод водоподготовки позволяет отказаться от применения химикатов для водоподготовки. Применение этого метода водоподготовки исключает загрязнение окружающей среды вредными стоками водоподготовительных установок.

Осадок, выделяемый на различных стадиях водоподготовки также можно использовать в технологиях извлечения ценных элементов и для производства строительных материалов.

Полученные данные показывают эффективность технологии комплексной переработки шламовых вод с получением ряда ценной продукции из отходов предприятий угольной отрасли: малозольного концентрата, сырья для рудоперерабатывающих предприятий, строительных материалов и технической воды для водооборотного цикла и систем теплоснабжения предприятий угольной отрасли.

Таким образом, внедрение данной технологии комплексной переработки шламовых вод предприятий угольной отрасли позволит повысить экологическую и промышленную безопасность этих предприятий и их экономическую эффективность.

#### Список литературы

1. Лазаренко С.Н., Потапов В.П. Концепция стратегии развития угольной отрасли Кузбасса как основы экономической самодостаточности региона // Финансово-экономическая самодостаточность регионов. Материалы межрегиональной научно-практической конференции – Кемерово, 2003.-С.163-166.
2. Папин А.В., Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папина Т.А. Процесс формирования структуры высококонцентрированных водоугольных суспензий приготовленных из обогащенных угольных шламов методом масляной агломерации // Вестн. КузГТУ. 2003. № 4. С. 96-99.

УДК 662.815

**Технология переработки отходов коксохимических производств****Солодов В.С., Папин А.В., Сечин А.И., Неведров А.В.**

ФГБОУ ВПО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия,

\*НИ Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,

Количество образующихся промышленных отходов в России составляет более 3,9 млрд. т. Значительная масса отходов (в основном угольной отрасли) не перерабатывается и складывается в отвалах, свалках, шламо- и хвостохранилищах. Еще один техногенный отход – коксовая пыль на коксохимических предприятиях, получается в процессе любых технологических операций связанных с коксом (рассортировки валового кокса, сухого тушения кокса, перегрузках кокса и т.д.). Размер кусков 0-5 мм. Коксовая пыль (около 18-20 тыс. т в год на каждом предприятии) практически не находит применения из-за тонкодисперсного состояния и высокой зольности, сложности с разгрузкой и транспортировкой.

Основными проблемами на пути переработки также являются: высокая зольность исходного сырья; отсутствие научно обоснованных рекомендаций и процессов физико-химического воздействия на исходный уголь с учетом его свойств [1].

Для решения проблемы утилизации отходов необходимо было разработать нетрадиционную технологию их комплексной переработки на месте с получением ряда товарной продукции.

Данная разработка относится к технологии брикетирования коксовой пыли. Особенность данной технологии заключается в обогащении коксовой пыли методом масляной агломерации с применением в качестве оптимальных связующих реагентов карбамида и жидких отходов коксохимии, что позволяет селективно отделять минеральные частицы от органической части коксовой пыли при его обогащении с получением концентратов, приемлемых для энергетики и коксования [2].

Отличием предлагаемой технологии от аналогов является использование новой технологической схемы, увеличивающей выход продукта, использующей дешевых и эффективных связующих компонентов (также отходов коксохимического производства), что обеспечивает получение качественного товарного продукта.

Полученные брикеты обладают следующими технологическими характеристиками:

Таблица 1. Преимущества композитных топливных брикетов перед аналогами

Технические показатели (наименование и единицы измерения)	Наименование инновационной продукции
	Композитные топливные брикеты
Сернистость, % мас.	0,025-0,4
Зольность, % мас.	5,4-8,0
Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	60-90
Прочность на истирание, % содержание кусков размером >25 мм	80-99
Прочность на сбрасывание, % содержание кусков размером >25 мм	85-99
Теплота сгорания, ккал/кг	8900-9600

Внедрение разработанной технологии ведет к повышению экологической и производственной безопасности на предприятиях, так как позволяет утилизировать отходы непосредственно «на месте», что также обеспечивает положительную экономическую рентабельность.

**Список литературы**

1. Папин, А.В. Экологические и технологические аспекты утилизации коксовой пыли в виде топливных брикетов / Папин А.В., Игнатова А.Ю., Солодов В.С. // Безопасность в техносфере. – 2013. - № 2. – С. 66-70.

2. Папин А.В., Солодов В.С., Игнатова А.Ю., Неведров А.В., Макаревич Е.А. и др. Патент 2468071 РФ «Способ брикетирования коксовой пыли», заявитель и патентообладатель КузГТУ; заявл. 26.10.2011; опубл. 27.11.2012, бюл. № 33.

### Исследование тепловой эффективности процесса анаэробной ферментации органических ТБО

Исламова С.И.

*Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанского научного центра РАН, Россия, г. Казань*

В настоящее время в мире активно развиваются технологии анаэробной ферментации твердых бытовых отходов (ТБО). Анаэробная ферментация – это разложение органических компонентов в анаэробных условиях. Анаэробная ферментация с большой эффективностью применяется для обезвреживания ТБО с попутным получением органического удобрения или биотоплива. Большое количество пищевых отходов в составе ТБО препятствует их качественному сжиганию и затрудняет захоронение на полигонах. Использование органических ТБО в качестве сырья для метанового сбраживания позволяет решать экологическую проблему утилизации отходов, а также дополнительно вырабатывать энергию [1].

Суть процесса анаэробной ферментации органических ТБО заключается в следующем: в метантенке объемом до 500 м<sup>3</sup> ТБО выдерживают в анаэробных условиях 10-20 суток при температуре от 25 до 55 °С. При этом протекает процесс сбраживания. В процессе сбраживания проводится перемешивание содержимого метантенка для обеспечения эффективного использования всего объема, исключения образования мертвых зон и т.п. Отработанную твердую массу подают на обезвоживание, затем она поступает на рыхлаение и грохочение. 1 тонна ТБО дает до 120-140 м<sup>3</sup> биогаза, содержащего ~65% об. CH<sub>4</sub> [2-4].

В настоящем исследовании тепловой эффективности состав ферментируемых ТБО представлял собой органическую массу, состоящую из растительных остатков, пищевых отходов, бумажных и древесных отходов. Метантенк, представлял собой резервуар (рис. 1), объемами 50, 100, 250 и 500 м<sup>3</sup>. Перемешивание отходов осуществлялось при помощи механической мешалки. Режимы выдерживания отходов в анаэробных условиях мезофильный (при  $t \sim 35^\circ\text{C}$ , время брожения – 20 сут) и термофильный (при  $t \sim 55^\circ\text{C}$ , время брожения – 10 сут), среднемесячная температура воздуха летом – 293 К, зимой – 263 К. Материалы изготовления метантенков – бетон и сталь. В качестве тепловой изоляции для бетонных метантенков предлагалась полиуретановая пена, для стальных – минеральная вата и кирпич.

Анализ тепловой эффективности основывался на составлении уравнения теплового баланса, характеризующего работу метантенка, определении значений подведенной к аппарату, полезно используемой тепловой энергии и потерь теплоты в зависимости от времени года. Критерием оценки тепловой эффективности являлся тепловой КПД [5-8].

Тепловой баланс метантенка имел вид:

$$\Sigma Q_{\text{под}} = \Sigma Q_{\text{пол}} + \Sigma Q_{\text{пот}} + \Sigma Q_{\text{вэр}} \quad (1)$$

где  $\Sigma Q_{\text{под}}$  – количество подведенной к метантенку тепловой энергии, МДж/сут;  $\Sigma Q_{\text{пол}}$  – количество полезно использованной тепловой энергии, МДж/сут;  $\Sigma Q_{\text{пот}}$  – потери тепловой энергии в ходе проведения технологического процесса в рассматриваемом метантенке, МДж/сут;  $\Sigma Q_{\text{вэр}}$  – количество образовавшегося в аппарате энергоносителя вторичных энергоресурсов (ВЭР), МДж/сут.

Рассчитывалось количество теплоты,  $Q_{\text{нагр}}$ , МДж/сут, требуемое для нагрева загружаемой массы отходов до температуры процесса брожения:

$$Q_{\text{нагр}} = m_M \cdot C_{pM} (t_{\text{ПР}} - t_{\text{ЗАГР}}) \quad (2)$$

где  $m_M$  – расход массы отходов, кг/сут;  $C_{pM}$  – средняя удельная теплоемкость массы отходов,  $C_{pM} = 4,1$  кДж/(кг·°С);  $t_{\text{ПР}}$  – температура процесса брожения, °С;  $t_{\text{ЗАГР}}$  – температура загружаемой массы, °С, принимается равной среднемесячной температуре окружающего воздуха, если меньше 5 °С, то принимается 5 °С.

Далее определялся расход энергии на механическое перемешивание массы в метантенке  $Q_{\text{мех}}$ , МДж/сут по формуле:

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} \cdot V_{\text{MT}} \cdot z \quad (3)$$

где  $q_{\text{норм}}$  – удельная нагрузка на мешалку,  $q_{\text{норм}} = 50 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ;  $V_{\text{MT}}$  – объем метантенка,  $\text{м}^3$ ;  $z$  – продолжительность работы мешалки,  $z = 8$  часов в сутки.

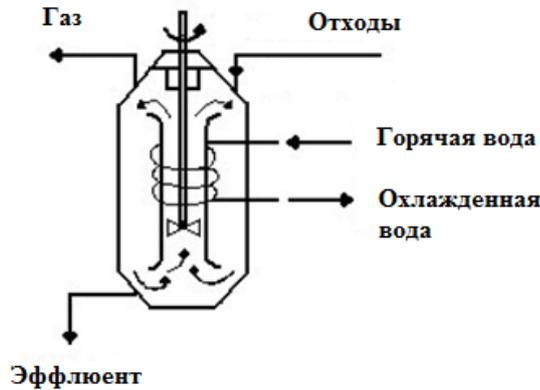


Рис. 1. Конструкция метантенка с перемешивающим устройством

Далее рассчитывался отвод тепла, связанный с биогазом  $Q_{\text{газ}}$ , МДж/сут:

$$Q_{\text{газ}} = m_{\text{газ}} \cdot (C_{p_{\text{газ}}} \cdot T + x_{\text{H}_2\text{O}} \cdot h_{\text{steam}}), \quad (4)$$

где  $m_{\text{газ}}$  – масса биогаза, кг/сут;  $C_{p_{\text{газ}}}$  – удельная теплоемкость биогаза, кДж/кг·К;  $T$  – температура биогаза, К;  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  – доля испарения,  $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,03988$ ;  $h_{\text{steam}}$  – энтальпия испарения, кДж/кг $\text{H}_2\text{O}$ .

Далее рассчитывалось количество теплоты  $Q_{\text{пот.ст}}$ , МДж/сут, теряемое массой отходов при теплоотдаче через стенки метантенка в окружающую среду:

$$Q_{\text{пот.ст}} = k_{\text{ст}} F (t_{\text{пр}} - t_{\text{ср}}), \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $F$  – площадь поверхности метантенка,  $\text{м}^2$ ;  $t_{\text{ср}}$  – средняя месячная температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

Далее рассчитывались потери теплоты через стенку метантенка в зимний и летний периоды. Количество теплоты  $Q_{\text{пот.пт}}$ , МДж/сут, теряемое массой отходов в процессе теплоотдачи через потолок метантенка в окружающую среду определялось по формуле:

$$Q_{\text{пот.пт}} = k_{\text{пт}} S_{\text{осн}} (t_{\text{пр}} - t_{\text{ср}}), \quad (6)$$

Количество теплоты  $Q_{\text{пот.п}}$ , МДж/сут, теряемое массой отходов в процессе теплоотдачи через пол метантенка в окружающую среду определялось по формуле:

$$Q_{\text{пот.п}} = k_{\text{пт}} S_{\text{осн}} (t_{\text{пр}} - t_{\text{ср}}), \quad (7)$$

Суммарные тепловые потери в метантенке определялись по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{пот./зима/лето}} = Q_{\text{пот.ст}} + Q_{\text{пот.пт}} + Q_{\text{пот.п}} \quad (8)$$

Далее рассчитывался отвод тепла с эффлюентом,  $Q_{\text{вэр}}$ , МДж/сут:

$$Q_{\text{вэр}} = m_{\text{эф}} \cdot \Delta T \cdot C_{p_{\text{H}_2\text{O}}}, \quad (9)$$

где  $m_{\text{эф}}$  – масса эффлюента, кг/сут;  $\Delta T$  – разница между температурой внутри метантенка и температурой окружающей среды, К;  $C_{p_{\text{H}_2\text{O}}}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·К.

Таким образом, общее количество подведенной к метантенку тепловой энергии рассчитывалось:

$$\Sigma Q = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{мех}} + Q_{\text{газ}} + Q_{\text{вэр}} + \Sigma Q_{\text{пот}} \quad (10)$$

Тепловые КПД метантенка в зимний и летний периоды рассчитывались по формуле:

$$\eta_{\text{зима}} = \frac{\Sigma Q - Q_{\text{газ}} - \Sigma Q_{\text{пот./зима/лето}} - Q_{\text{вэр}}}{\Sigma Q} \quad (11)$$

По результатам расчета составлены диаграммы, тепловой эффективности метантенков и графики потерь теплоты.

На рисунке 2 представлена диаграмма, характеризующая термофильный режим брожения отходов. Наименьшей тепловой эффективностью в зимний период характеризуются бетонный и стальной резервуары объемом  $500 \text{ м}^3$  ( $\eta \approx 35\%$ ), вследствие высоких потерь теплоты через стенки и пол; наибольшей тепловой эффективностью характеризуются метантенки объема  $50 \text{ м}^3$  ( $\eta \approx 37,5\%$ ). В летний период наибольшая тепловая эффективность характерна для объема  $250 \text{ м}^3$  ( $\eta \approx 38,5\%$ ).

Бетонный и стальной метантенк объема  $500 \text{ м}^3$  характеризуются наибольшими потерями теплоты через теплообменную поверхность; в зимний период потери составили 2865 и 2588

МДж/сут, соответственно, в летний – 1519 и 1372 МДж/сут. На рисунке 3 приведены графики потерь через теплообменную поверхность на примере бетонного метантенка. С уменьшением объема метантенков уменьшаются и потери теплоты через теплообменную поверхность.

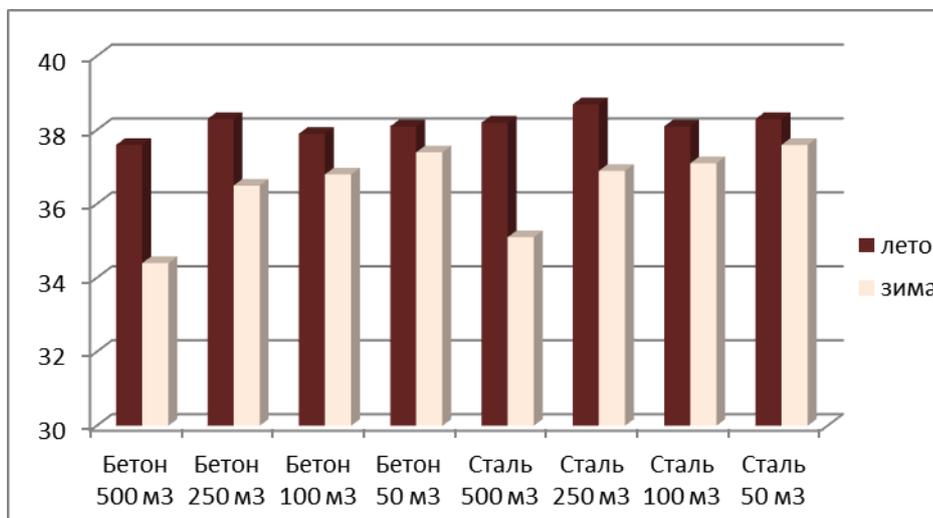


Рис. 2. Тепловые КПД при термофильном режиме брожения отходов, %

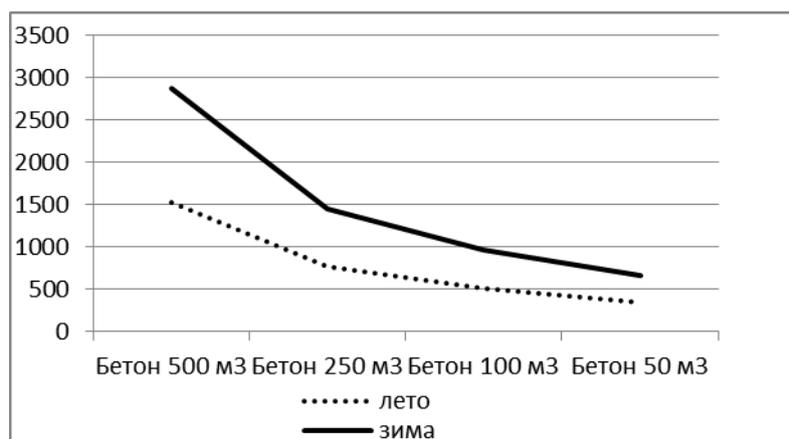


Рис. 3. Потери теплоты при термофильном режиме брожения отходов (МДж/сут)

При мезофильном режиме брожения ТБО наименьшей тепловой эффективностью в зимний период характеризуются бетонный и стальной резервуары объемом 500 м³ ( $\eta \approx 36\%$ ), также из-за высоких потерь теплоты через стенки и пол. Наибольшей тепловой эффективностью характеризуются метантенки объема 50 м³ ( $\eta \approx 37,5\%$ ). В летний период, наоборот, для резервуаров объемом 500 м³ характерны максимальные тепловые КПД ( $\eta \approx 43,5\%$ ), а для резервуаров объемом 50 м³ – минимальные ( $\eta \approx 39\%$ ). Величины потерь теплоты через теплообменную поверхность при мезофильном режиме в летний и зимний периоды меньше, чем при термофильном. Значительные потери теплоты метантенков при термофильном режиме брожения можно объяснить большой разницей температур загружаемых отходов и непосредственно температуры брожения.

Выход биогаза при термофильном режиме брожения составил 11,95 МДж/сут, при мезофильном – 5,3 МДж/сут. Отвод теплоты с эффлюентом представляет собой тепловую энергию ВЭР. При термофильном режиме брожения  $Q_{вэр/лето} = 4414$ ,  $Q_{вэр/зима} = 6306$  МДж/сут; при мезофильном режиме брожения  $Q_{вэр/лето} = 1892$ ,  $Q_{вэр/зима} = 3784$  МДж/сут.

Выводы.

На основании проведенного анализа видно, что общая потребность в теплоте для процесса ферментации отходов определяется главным образом затратами на подогрев отходов до

температуры брожения. Затраты тепловой энергии для компенсации тепловых потерь могут быть снижены путем применения лучшей изоляции. Максимальные значения тепловых потерь характерны для зимнего периода вследствие большого объема резервуара. Наибольшая тепловая эффективность при термофильном режиме брожения характерна для объема 250 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 38,5\%$ ) в летний период и для объема 50 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 37,5\%$ ) в зимний. Наибольшая тепловая эффективность при мезофильном режиме характерна для объема 500 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 38,5\%$ ) в летний период и для объема 50 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 37,5\%$ ) в зимний. Выход биогаза в термофильном режиме больше (11,95 МДж/сут), чем в мезофильном (5,3 МДж/сут).

#### Список литературы

1. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки. – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.
2. <http://www.methanetomarkets.ru>
3. Вигдорович В.И., Шель Н.В., Зарапина И.В. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов // Энциклопедия инженера-химика. – 2011. – №4. – С. 22-28.
4. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технологии обращения с отходами: преимущества и недостатки, мифы и реалии // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №10. – С. 2-6.
5. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности. М.: Издательство МЭИ, 2001.
6. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты и теплоснабжению в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1985. – 175 с.
7. Чеботарева О.В., Сербин В.А., Колосова Н.В. Теплообмен с окружающей средой метантенка для сбраживания биомассы // Вісник Донбаської нац. Академії будівництва I архітектури. – 2010. - №6. – С. 31-36.
8. Lindorfer H, Braun R, Kirchmayr R. Self-heating of anaerobic digesters using energy crops // Water Science and Technology. – 2006; 53(8). – P. 159-166.

#### Проблема сбора бытовых отходов в городе Томск

*Лаутениллегер Н.Н., Сечин А.А.*

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

Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов. Резкий рост потребления в последние десятилетия во всём мире привёл к существенному увеличению объёмов образования твёрдых бытовых отходов (ТБО). В настоящее время масса потока ТБО, поступающего ежегодно в биосферу достиг почти геологического масштаба и составляет около 400 млн. тонн в год, представляющих серьезную санитарно-эпидемиологическую угрозу. Большое количество отходов создает экономические и технические проблемы их сбора, хранения, переработки, захоронения и транспортировки.

Проблема твердых бытовых отходов (ТБО) является весьма актуальной поскольку ее решение связано с необходимостью обеспечения нормальной охраны окружающей жизнедеятельности населения, санитарной очистки городов, среды и ресурсосбережения.

Первоочередной задачей в решении проблемы ТБО является разработка оптимальных систем их сбора транспортировки. Промедление удаления ТБО из мест образования недопустимо, так как может это способствует серьезному загрязнению городов. Удаляют ТБО либо на полигоны захоронения, либо на специальные заводы для переработки и обезвреживания. В Томске полигонному захоронению подвергают около 95% образующихся ТБО. Поскольку свалки все дальше удаляются от города, а бесконечно плечо вывоза ТБО увеличиваться не может, становится весьма актуальной промышленная переработка ТБО. Именно промышленная переработка, решающая в совокупности вопросы обезвреживания, ликвидации и утилизации ТБО, представляет собой кардинальный путь решения этой проблемы.

Постепенный переход от полигонного захоронения к промышленной переработке является основной тенденцией решения проблемы ТБО в мировой практике.

Основной целью работы являлся поиск альтернативных методов сбора бытовых отходов: раздельный сбор мусора и т.д., а также привлечение внимание населения к проблемам окружающей среды.

Для достижения поставленной цели был сформулирован ряд задач:  
Исследовать экологическую ситуацию круговорота ТБО в г.Томск.

Побеседовать о экологической ситуации в г.Томск с начальником Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГУ «ОБЛКОПРИРОДА» Адамом Александром Мартыновичем.

Научить население рационально самостоятельно перерабатывать ТБО, уменьшая их в объёме, и правильно утилизировать вредные бытовые отходы.

Отходы – остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. Под определенной деятельностью понимается производственная, исследовательская и другая деятельности, в том числе, - потребление продукции. Соответственно различают отходы производства и отходы потребления.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа. К отходам потребления относят и твердые бытовые отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности людей.

Отходы производства – остатки сырья, материалов и полуфабрикатов (обрезки металлов, дерева, стружки и т.д.), образовавшиеся в процессе производства в силу его технологических особенностей, несовершенства технологии, а также угар, распыл, усушка и т.д.

Отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности:

- I класс – чрезвычайно опасные отходы;
- II класс – высокоопасные отходы;
- III класс – умеренно опасные отходы;
- IV класс – малопасные отходы;
- V класс – практически неопасные отходы.

Для любого города и населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов всегда является в первую очередь проблемой экологической. Весьма важно, чтобы процессы утилизации бытовых отходов не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства с точки зрения общественной санитарии и гигиены, а также условия жизни населения в целом.

Социальные нормы часто влияют на то, каким образом будет проведено управление отходами. В привлечении населения в управление отходами большую роль играет психология. Таким образом, в образовании и руководстве системы управления отходами необходимы знания всевозможных дисциплин и опыт, а также глубокое знание местных условий.

Тот, кто собирает отходы, часто определяет их дальнейшую обработку. Если все отходы, не отсортировав, собирают вместе в одном контейнере, скорее всего, что их захоронят на полигоне или на свалке, или же сожгут.

Если отходы сортируют по фракциям уже на месте их появления – в домашних хозяйствах, в учреждениях и на предприятиях – тогда, скорее всего, их будут перерабатывать, используя как вторичное сырье. Чем лучше отходы отсортируют на месте их появления, тем экономичнее и легче передать их на переработку.

Чтобы внедрить эти методы в жизнь, необходим качественный сбор и сортировка отходов, которую могут частично выполнять в домашних хозяйствах, а также операторы обработки отходов.

Качественная сортировка отходов имеет большое значение при определении расходов при переработке отходов в однородных потоках материалов. Материалы, приспособленные к переработке, с большой экономической стоимостью, это: бумага, картон, алюминиевая тара, стекло, пластмассовая упаковка и биологически разлагающиеся отходы.

Одним из основных методов минимизации количества отходов, поступающих на объекты санитарной очистки, является предварительная сортировка отходов.

Раздельный сбор мусора нужен для:

- улучшения экологической обстановки;
- получения из отходов материалов для последующего использования;
- уменьшения массы отходов жилищно-коммунального сектора;
- сокращения эмиссии парниковых газов.

На рис. 1 приведена схема рационального управления бытовыми отходами.

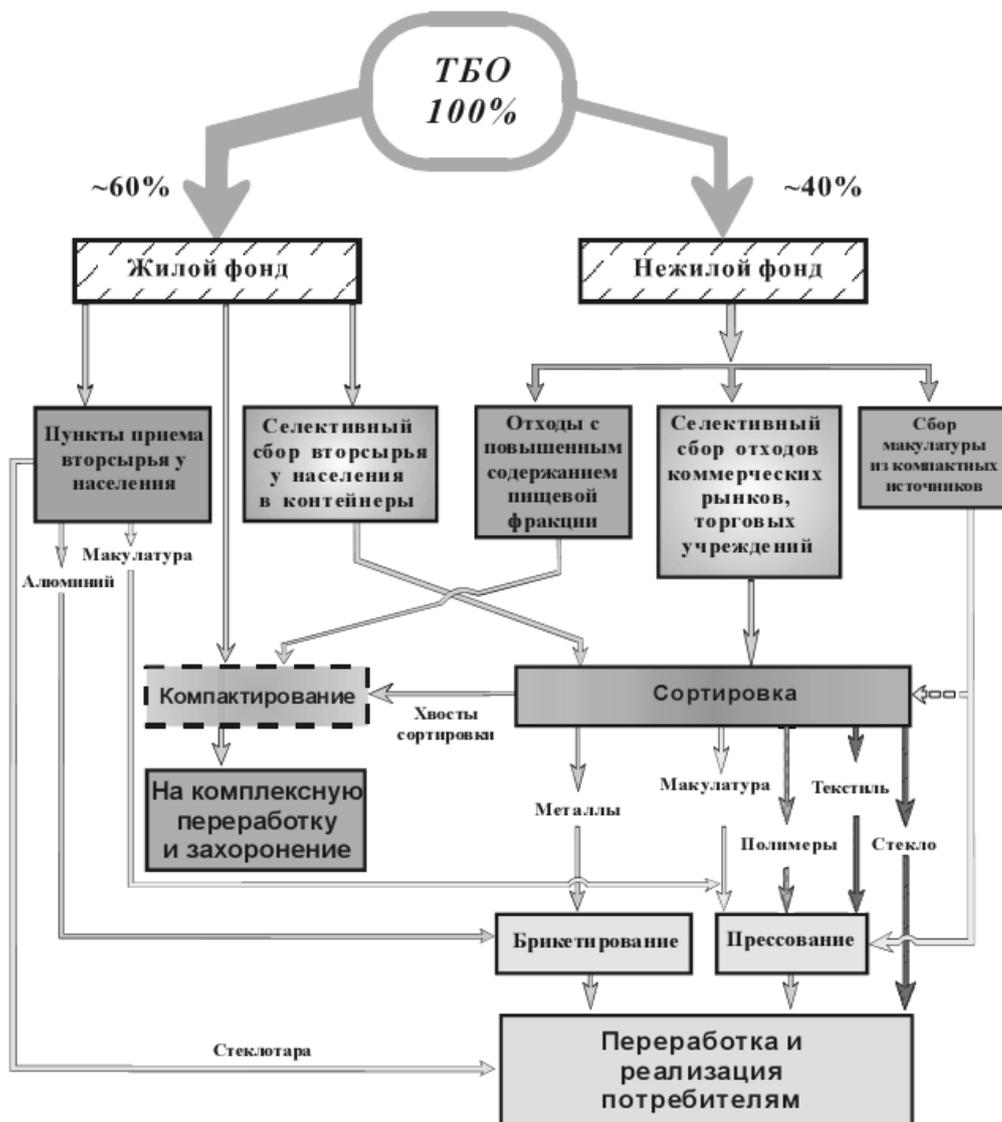


Рис.1. Схема рационального управления твердыми бытовыми отходами.

После посещения Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГУ «ОБЛКОПРИРОДА» пришли к выводу, что система сбора ТБО не налажена. Начальник департамента Адам Александр Мартынович рассказал, что полигон в Суровосухоречье (Новомихайловка), практически заполнен, и планируется строительство завода по сортировке мусора с дальнейшим вывозом на полигон. Поэтому, исходя из выше сказанного, предлагаются следующие методы решения проблемы, а именно:

- Мусорные баки раскрасить в яркие цвета, чтобы привлекать внимание граждан;
- Массовая агитация людей к раздельному сбору мусора;
- Развитие экологического воспитания с дошкольного возраста;
- Ужесточение мер наказания за несанкционированный выброс мусора;
- Информировать граждан о существующих специальных полигонах для высокоопасных отходов (люминесцентные лампы, аккумуляторы, батарейки, отработанные масла и автомобильные покрышки).

В департаменте природных ресурсов существует пластмассовый куб, куда граждане могут принести отработавшие батарейки, так же в г.Томске имеются пункты по приёму пластиковых бутылок, люминесцентных ртутьсодержащих ламп, и т.д.

Варианты сбора вторичного сырья в разных странах различны. Это могут быть центры сбора мусора, устройства для раздельного сбора мусора возле жилых домов.

Одним из основных методов минимизации количества отходов, поступающих на объекты санитарной очистки, является предварительная сортировка отходов. К сожалению, в Томске существует только полигонный метод захоронения, т.к. полигон практически заполнен планируется строительство завода по переработке мусора в районе Московского тракта, но встает серьезный вопрос: не будут ли продукты горения вредны для города.

#### Список литературы

1. Дрейер А.А., Сачков А.Н., Никольский К.С., Маринин Ю.И., Миронов А.В. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка, 2004.
2. Бабанин И.В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов / И.В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. 2006. № 10. С. 40-43.
3. Бабанин И.В. Раздельный сбор в России: миссия выполнима // Твердые бытовые отходы. 2007. № 2.
4. Демчишин А.А. Переработка отходов: замкнутое производство / Твердые бытовые отходы. 2007. № 11. С.14.
5. Лобачева Г.К., Желтобрюхов В.Ф., Прокопов И.И., Фоменко А.П. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки: Учебное пособие. Волгоград: Волг-ГУ, 2005.

#### К вопросу обеспечения пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов.

*Сечин А.И., Мезенцева И.Л.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

[morozova212007@yandex.ru](mailto:morozova212007@yandex.ru)

Проблема обеспечения безопасности в шахтах, разрабатывающих метаносные пласты угля, продолжает оставаться актуальной в России и за рубежом.

В угольных пластах выделяются разные газы: наиболее часто метан (СН<sub>4</sub>), реже сероводород (Н<sub>2</sub>S) и углекислый газ (СО<sub>2</sub>). Эти газы редко оказываются причиной смерти или серьезных заболеваний. Исключение составляет взрывоопасный метан. Для предупреждения взрывов метана и угольной пыли в угольных шахтах необходимо вести непрерывный контроль за содержанием метана в воздухе и обеспечивать удаление пыли из шахтных вентиляционных каналов.

Из анализа литературных источников [1] известно, что в большинстве случаев метан скапливается в следующих объемах (табл.1):

Таблица. 1 - Объемы скопления метана в различных местах шахты

Место скопления	Объем, м <sup>3</sup>
У исполнительных органов комбайнов	0,1-0,5
В пространстве между корпусом комбайна и забоем	до 1
На машинной дороге в очистных выработках крутых пластов	до 6

Исследования, проведенные рядом авторов, показали [2]:

В пространстве между корпусом комбайна и забоем, при нормальном проветривании очистных выработок, скорость скопления метана превышает 1,5 м<sup>3</sup>/мин.

В пространстве над корпусом и машинной дороге выше, при нормальном проветривании очистных выработок, скорость скопления метана превышает 1 м<sup>3</sup>/мин.

Метан, как составная часть горючей системы, выделяется в атмосферу угольных шахт из массива, а также из разрыхленного взрывом или механическим способом угля. Считается, что вероятность появления источника зажигания близка к 1 [4], что и обуславливает высокую потенциальную угрозу.

Взяв за расчетный объем выделившегося метана 300 м<sup>3</sup>, рассчитаем по методике [4] на различном расстоянии от источника взрыва параметры избыточного давления и импульса волны давления [4]. На основе полученных результатов построили графики:

Как видно из графиков зависимости избыточного давления от расстояния эпицентра взрыва (рис. 1) можно разделить на несколько зон – безопасные зоны, менее опасные, зоны опасные и смертельные по воздействию избыточного давления на человека [4].

Первая линия, отмеченная на графике (рис. 1) на расстоянии 5-25 м, является смертельной, при воздействии фактора избыточного давления.

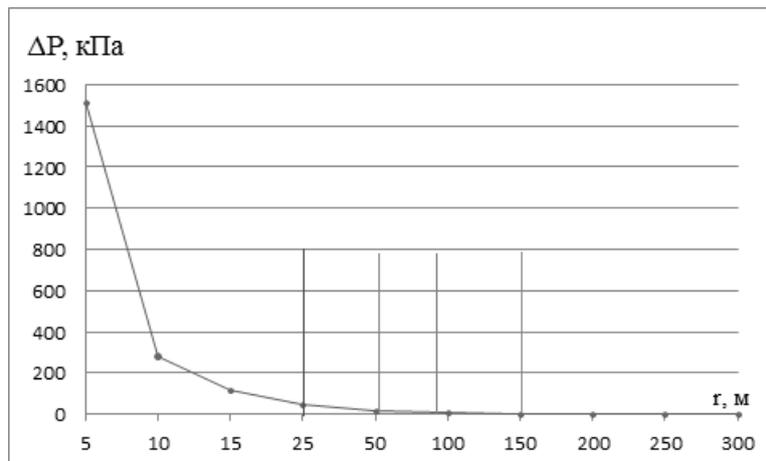


Рис. 1. Влияние избыточного давления на человека на разных расстояниях от эпицентра взрыва, принятый объем метана: 300 м<sup>3</sup>

На расстоянии 50 м приводит к поражению человека средней тяжести.

На расстоянии 90 м можно получить легкие ушибы.

В точке 150 м и за ней безопасная зона, никаких воздействий на человека не будет.

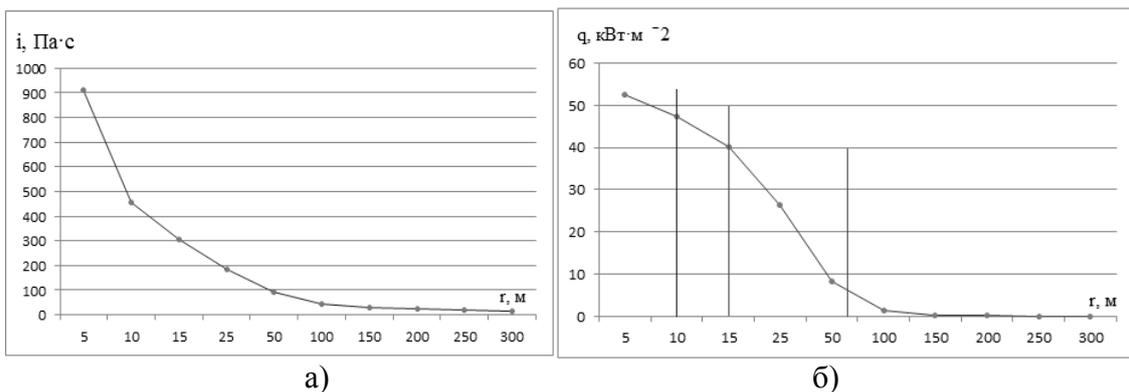


Рис. 2. а) импульс избыточного давления на разных расстояниях от эпицентра взрыва, б) интенсивность теплового излучения при воздействии «Огненного шара» на человека, принятый объем метана: 300 м<sup>3</sup>

На данном графике (рис. 2, а) показан импульс, возникший при взрыве метана, вблизи взрыва он максимальный и несет губительный характер. Также на протяжении прохождения волны импульса будет происходить взмучивание пыли и при не удовлетворительных мероприятиях по очистке и осланцеванию угольной пыли может привести к усилению взрывной волны, подпитываясь, ударно-воздушная волна может перейти в детонацию.

Также были рассчитаны интенсивность теплового излучения и эффективный диаметр «Огненного шара» [4]. На основе проведенных расчетов строим графики интенсивности теплового излучения при воздействии «Огненного шара» на человека.

Анализируя рис.2 б) и данные представленные в таблице [4] можно определить степень интенсивности теплового излучения и определить безопасные зоны.

В точке 10-15 м произойдет воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по струганой поверхности; воспламенение фанеры [4]. Смертельно для человека находящегося на данном расстоянии от эпицентра. На расстоянии 65 м и далее – безопасная зона.

Взрывобезопасность технологического оборудования и производственных помещений обычно осуществляют посредством флегматизации горючих парогазовых смесей в указанных объемах с помощью различных газообразных добавок. Количественно флегматизация характеризуется минимальной флегматизирующей концентрацией флегматизатора  $C_{ф}$ .

Проведя расчет концентрации горючего  $C_g$  и разбавителя  $C_f$  в экстремальной точке области воспламенения при флегматизации метана  $CH_4$  шламовой водой по методике [4], находим предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию флегматизатора  $C_{рф}$ , (% об.) [4] и с учетом коэффициент запаса в 30% принимаем  $C_{рф} = 40\%$ .

На основе проведенных расчетов были сформированы критерии системы секционирования, которые и легли в основу разрабатываемого метода секционирования шахтных технологических объемов.

Результаты проведенных расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица. 2 - Параметры избыточного давления ( $\Delta P$ , кПа) и импульса волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей ( $i$ , Па·с), интенсивность теплового излучения ( $q$ , кВт/м<sup>2</sup>), коэффициент пропускания атмосферы ( $\tau$ ) и доза теплового излучения ( $Q$ , Дж/м<sup>2</sup>)

$r$ , м	$\Delta P$ , кПа	$i$ , Па·с	$q$ , кВт/м <sup>2</sup>	$\tau$	$Q$ , Дж/м <sup>2</sup>
5	1510,91	911,97	52,44	0,09	$2,53 \cdot 10^2$
10	281,93	455,98	47,18	0,99	$2,28 \cdot 10^2$
15	118,5	303,99	40,17	0,99	$1,94 \cdot 10^2$
25	45,36	182,39	26,3	0,98	$1,27 \cdot 10^2$
50	15,3	91,2	8,26	0,96	$3,99 \cdot 10$
100	6,16	45,6	1,44	0,93	6,96
150	3,81	30,4	0,45	0,90	2,16
200	2,76	22,8	0,18	0,87	$90,4 \cdot 10^{-1}$
250	2,16	18,24	0,09	0,84	$4,53 \cdot 10^{-1}$
300	1,77	15,2	0,05	0,81	$2,55 \cdot 10^{-1}$

На основе данных представленных результатов можно предложить следующее.

Забой и прилегающие к нему штреки на расстоянии 50 м – рассматривается как секция наиболее опасная. Далее 50 м – секция наименее опасная.

На расстоянии от забоя и прилегающего штрека (50 м) рекомендуется устанавливать шести метровую водяную завесу тамбурного типа (постоянно действующую). Шестиметровая протяженность тамбура принята на основе экспериментальных исследований системы взрывоподавления АСВП-ЛВ.

Система представляет собой дренчерную установку с постоянным включением подачи шламовой воды. Концентрация взвеси воды в м<sup>3</sup> объема должна быть не менее 40 %, что обеспечивает МВСК при прохождении пламени.

В случаи аварийной ситуации взрывная волна проходя через водяную завесу будет взвешенную воду толкать пробкой по шахтному объему проводя эффект осланцевания и гася в нем свою энергию.

При длительности теплового излучения  $q=8,26$  кВт/м<sup>2</sup> и времени существования «Огненного шара»  $t_s=4,83$  с ожидаемое воздействие на человека - ожог 1 степени [статья].

При прохождении теплового излучения через тамбурную водяную завесу время действия сокращается до 0,96 с, что практически не будет оказывать негативных последствий на работников шахт.

Из литературных данных и действующих нормативных документов принято систему АСВП-ЛВ устанавливать на расстоянии от предполагаемого эпицентра взрыва 250-300м, по проведенным расчетам это расстояние должно составлять 68 м.

Эвакуация работающих из зоны чрезвычайной ситуации, как предписывает стандарт, проводятся со скоростью 5 м/с. Так как стандарт рекомендует безопасное расстояние 25 м предлагаем протяженность наименее опасной секции Б принять 100м, так как, из анализа работ предшественников следует [5], что параметры взрыва шахтных технологических объемов до 10 м<sup>3</sup> метана не сопровождается детонационным горением.

Предлагается деление шахтного технологического объема на секции А и Б по опасности взрывопроявления.

Протяженность секции А по штрекам – 50 м.

Протяженность секции Б – 100 м.

Разделительные тамбура представляют собой шестиметровую водяную завесу.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Проведены расчеты параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей, а также интенсивности теплового излучения и времени существования «Огненного шара». Установлены размеры зон травмирования по тяжести воздействия на работающих и размеры безопасных зон теплового влияния излучения на работающих при воздействии «Огненного шара».

Установлена необходимая концентрация флегматизирующего вещества, для безопасного проведения работ. Концентрация взвеси воды в м<sup>3</sup> объема должна быть не менее 40 %.

Разработаны критерии системы секционирования шахтных технологических объемов.

#### Список литературы

1. Краткий справочник горного инженера угольной шахты: справочник / под ред. А. С. Бурчакова, Ф. Ф. Кузюкова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1982. — 454 с.
2. Миронов К. В. Справочник геолога-угольщика. — М.: Недра, 1982. — 311 с.
3. Задорожная Т.А., Сечин А.И., Осипенко С.И., Долдин И.Н., Терехин Д.В., Барский М.С. Некоторые вопросы моделирования зажигания пылевоздушной смеси с целью определения времени индукции процесса/ Ж. Современные наукоемкие технологии. 2012. № 5. С. 32-34.
4. ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов.
5. Сечин А.И., Бошнятов Б.В., Косинцев В.И., Сечин А.А., Лаптев Д.А., Задорожная Т.А. К проблеме разработки комплексных мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности шахтных технологических процессов/ Ж. Современные наукоемкие технологии. 2008. № 4. С. 126-128.