

ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА В Г. СЕВАСТОПОЛЕ  
РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА  
ТУЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА  
ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА  
ТООО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

# **ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**ДОКЛАДЫ  
ВМЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

***ПОСВЯЩАЕТСЯ***

*150-летию со дня основания РХО имени Д.И. Менделеева;  
120-летию со дня основания Российского химико-технологического университета  
имени Д.И. Менделеева*

**Издательство «Инновационные технологии»**

**Тула 2018**

**Инновационные наукоемкие технологии:** доклады V международной научно-технической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Инновационные технологии, 2018. – 133 с.

Настоящие материалы подготовлены по докладам участников международной научно-технической конференции «Инновационные наукоемкие технологии».

Рассмотрены вопросы подготовки магистров и специалистов в области современных наукоемких технологий и охраны окружающей среды, экологически чистые производственные технологии, химические, ресурсо- и энергосберегающие технологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных технологий и технологий пищевых производств.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем развития науки и технологий.

#### **Редакционная коллегия**

Академик РАН С.М. Алдошин, Академик РАН В.П. Мешалкин, д.т.н., проф. В.М. Панарин, д.т.н. А.А. Маслова, д.м.н. проф. М.Э. Соколов, к.т.н. Е.И. Вакунин, к.т.н. А.Е. Коряков, В.М. Михайловский, А.П. Метелкин.

Техническая редакция Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ISBN 978-5-9909491-9-5      © Авторы докладов, 2018

© Издательство «Инновационные технологии»,  
2018

# **ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

## **РОЛЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ФОРМИРОВАНИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ**

В.Ю. Макарова, В.П. Тищенко  
Тихоокеанский Государственный университет,  
г. Хабаровск

Плитные композиционные материалы (ДКМ) представляют собой композиционную систему, состоящую из древесных частиц, на поверхность которых нанесено ограниченное количество связующего, основные характеристики которого хорошо известны, поэтому для выявления факторов определяющих потребительские свойства плит необходим анализ физико-химических свойств и строения древесных частиц.

Анализ научно-технической информации о строении, структуре и функциональных свойствах компонентов древесины позволил выявить следующее:

1. С точки зрения термодинамики древесина является неоднородным микрогетерогенным полимерным композитом слоисто-пористая структура, которого формируется в процессе биосинтеза из элементарных целлюлозных фибрилл (арматура) распределенных в дисперсионной матрице – лигноуглеводном комплексе (ЛУК), следовательно, к ней применимы основные закономерности образования полимерных систем;

2. Биосинтез гемицеллюлоз и целлюлозы осуществляется одновременно и по мере накопления макромолекул этих термодинамически несовместимых полисахаридов происходит расслаивание данной системы на составляющие полимеры. Однако макромолекулы гемицеллюлоз диффундируют в родственные по химической природе и еще не сформировавшиеся элементарные фибриллы целлюлозы, образуя кластеры, содержащие 50 % макромолекул гемицеллюлоз [1-3], которые, находясь между целлюлозными макромолекулами и препятствуют их сближению на расстояния необходимые для образования регулярной системы водородных связей (Н-связей) формирующих надмолекулярную структуру элементарных фибрилл целлюлозы;

3. В процессе лигнификации клеточных стенок с увеличением молекулярной массы и накоплением макромолекул лигнина происходит расслаивание системы гемицеллюлозы–лигнин на области, в которых выполняются условия термодинамической совместимости, а близость функциональной природы и полимолекулярных свойств лигнина и гемицеллюлоз приводит к образованию жесткой композиции из двух взаимопроникающих полимерных сеток скрепленных химическими и Н-связями;

4. ЛУК древесины образован тремя взаимоналоженными структурами – сетчатой структурой лигнина, связанного ковалентными связями с гемицеллюлозами и структурой, образуемой силами химического взаимодействия и

межмолекулярными Н-связями гемицеллюлоз с лигнином и целлюлозными фибриллами;

5. В древесине большую роль играют Н-связи, которые определяют форму, фазовые и релаксационные состояния, надмолекулярную структуру и физико-химические свойства целлюлозы и других компонентов древесины, в частности поглощать воду и другие вещества из окружающей среды, что сказывается на водостойкости, стабильности формы и размеров, а также санитарно-гигиенических свойствах древесных композиционных материалов;

6. Высокая сорбционная способность древесины обусловлена наличием большого количества гидроксильных групп в углеводной части клеточных стенок, кластеров с менее упорядоченным расположением целлюлозных фибрилл и гетерокапиллярной системой пор и сосудов. Эти факторы способствуют понижению упругости водяного пара в капиллярных пространствах, образованию Н-связей с гидроксилами полисахаридов и ориентированному закреплению моно- или полимолекулярных слоев воды между макромолекулами целлюлозы, что вызывает ослабление межмолекулярного взаимодействия в результате увеличения внутренней поверхности элементарных фибрилл до 200-300 м<sup>2</sup>/г [4].

ДКМ на 85-90 % состоят из древесных частиц, отличающихся от массивной древесины рядом параметров и поэтому изменения, происходящие с ними в процессе поглощения влаги, имеют особенности, которые вызваны наличием:

- большого количества древесных частиц различного вида и пород с некоторым количеством коры, размеры которых по сечению плиты изменяются;

- слоистой структуры, имеющей различную плотность слоев и ориентированное расположение в плоскости плиты, но дезориентированное относительно направления волокон армирующих элементов;

- на поверхности армирующих элементов 7÷16 % матричного вещества (считая на сухие вещества от массы абсолютно сухой древесины) в виде 45-70 капель диаметром от 35 до 80 мкм на площади 0,06064 см<sup>2</sup>, что обуславливает среднюю относительную площадь покрытия их поверхности не более 38 % при толщине клеевого соединения 6-20 мкм;

- упругих и высокоэластичных деформаций, релаксации которых препятствуют физико-химические связи, возникающие в ходе адгезионного взаимодействия матричного вещества с армирующими элементами под воздействием усилия прессования и тепла;

- пустот, как между армирующими элементами, так и в матричном веществе [5], которые содержат формальдегид в различных формах.

Разбухание армирующих элементов происходит по тем же законам, что и для массивной древесины, но наибольшее увеличение размеров от 10 до 40 % наблюдается в направлении приложения усилия прессования. Этот процесс сопровождается переходом упругих и высокоэластичных деформаций, возникших в процессе прессования, в пластические, в результате чего армирующие элементы стремятся оторваться друг от друга, тем самым ослабляются и разрушаются связи с матричным веществом. При последующем понижении влажности окружающего воздуха (сушка) повторного уплотнения

армирующих элементов и восстановления связей с матричным веществом не происходит.

Остаточная деформация достигает 30-40 % и является причиной снижения прочности, изменения размеров и формы, структуры и особенно поверхности плит, которые становятся рыхлыми, тем самым открывается доступ влаги к внутренним армирующим элементам. Так, при циклических изменениях параметров окружающей среды происходит разрушение плиты, приводящее к выделению формальдегида не только из внутренних пустот, но и в результате различных видов деструкции компонентов армирующих элементов и матричного вещества [6].

Вместе с водой армирующие элементы адсорбируют формальдегид, выделяющийся на различных этапах технологического процесса, количество которого определяется породой и влажностью армирующих элементов, длительностью контакта, параметрами окружающей среды [7, 8].

Установленные особенности строения и поведения основных компонентов армирующих элементов при циклических воздействиях изменяющихся параметров окружающей среды свидетельствуют о существенной роли ЛУК в формировании потребительских свойств, а используемая модель строения древесины облегчила выявление источников и причин происходящих изменений (в частности выделений формальдегида) на различных этапах жизненного цикла композиционных материалов. Проведенный анализ показал отсутствие единства взглядов исследователей на роль химических превращений в формирование экологических свойств ДКМ, а, следовательно, данная проблема требует решения.

### Список литературы

1. Скребец Т.Э., Боголицын К.Г., Гурьев А.Ю. Термодинамическая совместимость компонентов древесины // *Химия древесины*. – 1992, №4-5. – С. 3-11.
2. Gur'ev A.Yu., Bogolitsyn K.G., Skrebets T.E. *Thermodynamic miscibility in lignin-hemicellulose and hemicellulose-cellulose systems* // *Wood Chemistry*, 1994. – №1. – P. 6-7.
3. Gur'ev A.Yu., Bogolitsyn K.G., Skrebets T.E. *Study of thermodynamic miscibility of a lignin-hemicellulose system by water vapour static sorption method* // *Wood Chemistry*, 1993. – №4. – P. 3-5.
4. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. *Химия древесины и синтетических полимеров*. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
5. Разиньков Е.М. Особенности структурообразования связующего в древесностружечных плитах // *ИВУЗ Лесной журнал*, 1991. – №1. – С. 64-68.
6. Эриньш П.П. *Исследование строения и деструкции лигноуглеводной матрицы древесины: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук: 05.21.03 / АН Латв. ССР, ин-т химии древесины*. – Рига, 1978. – 48 с.
7. Кравченко В.В., Цветков В.Е., Карасев Е.И., Стриженко В.В. *Адсорбция формальдегида древесными материалами* // *Научн. тр. / Моск. лесотехн. ин-т*, 1990. – вып. 225. – С. 166-173.
8. Никитин А.А., Рыженкова А.С., Цветков В.Е., Федорова А.А. *Изучение процессов при получении малотоксичных древесных материалов* // *Научн. тр. / Моск. лесотехн. ин-т*, 1991. – вып. 242. – С. 150-152.

# ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ МИНИМИЗАЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.П. Тищенко

Тихоокеанский государственный университет,  
г. Хабаровск

Лес – это не только экономический ресурс, но и среда, экосистема, обеспечивающая экологическую стабильность природных условий и устойчивое развитие, удовлетворяющее потребности жизнедеятельности живущих и развитие будущих поколений, т.е. возможность существования и развития общества. В соответствии со стратегией развития лесного комплекса РФ устойчивое лесопользование, сложный и естественный процесс, являющийся необходимым условием обеспечения на едином пространстве продолжительного социального, экономического и экологического функционирования лесов в свете возникающих потребностей населения.

Лесной комплекс в соответствии с классификацией отраслей и структурой промышленности не только входит в перечень восьми основных промышленных комплексов России и представляет собой интегрированную систему лесозаготовительной, лесохимической и целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей (лесопиление, производство древесных плит, фанеры, строительных деталей, деревянное домостроение), мебельной подотраслей и лесного машиностроения, но и является одним из стратегических секторов экономики страны. Однако вклад лесопромышленного комплекса (ЛПК) в валовый внутренний продукт страны оценивается на уровне 1 %, в то время как в странах с развитой лесной промышленностью в структуре лесного экспорта на продукцию «глубокой» механохимической переработки, превращающей дешевое сырье в наиболее ценные категории товаров, приходится более 60 % заготавливаемой древесины (Канада – 69 %, США – 76,2 % и Финляндия 84 % [1]) при 2-3 % круглых лесоматериалов.

Тем самым, древесные ресурсы – природно-ресурсный потенциал России, обладающий максимальной биологической продуктивностью и непосредственно влияющий на культурное и социальное развитие общества [2-3] реализуются не полностью, хотя имеющиеся запасы древесины (второе место после Бразилии) позволяют увеличить экспорт и обеспечить внутренние текущие и перспективные потребности страны в древесине и продуктах её переработки.

Одним из направлений повышения эффективности ЛПК является многоцелевое, непрерывное и неистощительное лесопользование на основе глубокой механохимической переработки древесной биомассы, а именно производство плитных древесных композиционных материалов (древесно-волоконистые, древесностружечные и другие виды плит).

Древесный композиционный материал (ДКМ) – это искусственно созданная система, представляющая собой гетерогенную объемную смесь хорошо совместимых, химически разнородных, не растворяющихся или иным способом поглощающих друг друга компонентов (*фаз*). Одним из компонентов является арматура или наполнитель (дискретные частицы, волокна или листы

различных лигноцеллюлозных веществ), имеющий значительно большие величины физико-механических показателей (прочность, твердость, модуль упругости), чем показатели второго компонента – матрицы (природные, минеральные, синтетические терморезактивные смолы и другие клеящие вещества), связывающей армирующие элементы в единую структуру. Путем подбора состава матрицы, ее соотношения, свойств и ориентации армирующих элементов можно при сохранении индивидуальных свойств каждого компонента [8, 9] получить материалы, обладающие требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств, которые превосходят суммарные свойства составляющих ДКМ компонентов. Между компонентами ДКМ трудно установить границу раздела (вырожденная матрица), т.к. отсутствует сплошной пленочный слой матричного вещества, которое под действием давления, тепла и отвердителя переходит в неплавкое и нерастворимое состояние сетчатой структуры, соединяя армирующие элементы посредством точечных физико-химических связей в материал пористой структуры.

Несмотря на то, что плитные ДКМ более чем на 80 % состоят из древесных армирующих элементов, основным недостатком технологии их производства, обработки и последующей эксплуатации является выделение различных химических веществ, в частности формальдегида [4]. Формальдегид и его пары, как вещество с остро направленным механизмом действия способное вызвать аллергические заболевания органами санитарного надзора отнесены ко второму классу опасности, требующее в производственных условиях автоматического контроля содержания в воздухе и специальной защиты кожи и глаз.

Анализ процесса производства ДКМ, сложной системы взаимосвязанных и взаимозависимых подсистем, позволил не только выявить основные источники выделения формальдегида (древесные частицы, связующее, стружечно-клеевая смесь и готовая плита), но и причины его выделения в процессе образования, последующей обработки и эксплуатации изделий из плит, а именно [5]:

- деструкция древесины, сопровождающаяся разложением целлюлозы, гемицеллюлоз и некоторых сополимеров лигнина с отщеплением метоксильных групп в результате тепломассопереноса под воздействием температуры и влажности стружки;

- процесс перехода карбамидных смол в неплавкое и нерастворимое состояние с образованием пространственной структуры, при общей кислой реакции катализа, сопровождающийся уменьшением содержания в них метилольных групп в результате взаимодействия с активными атомами водорода амино- и иминогрупп, а также с метилольными группами соседних цепей;

- деструкция древесины и отвержденного связующего в наружных слоях плит под воздействием повышенной температуры (160÷190 °С);

- неполное отверждение связующего во внутренних слоях плиты в результате пониженной температуры (100÷105 °С) и высокой влажности, что способствует последующему расщеплению метиленамидной связи с образованием промежуточного карбоний-имоний иона и последующему его распаду по закону случая или закону концевых групп в результате кислотного гидролиза;

- формальдегид не удаленный с парогазовой смесью через кромки плит и

с их поверхность в момент размыкания пресса задерживается в плитах непосредственно в газообразной форме и форме полиоксиметиленгликоля  $HO - CH_2O(CH_2O)_n$  – «первичный». Все гидратные полимеры формальдегида в ходе последующей эксплуатации плит под воздействием изменяющихся температуры и влажности, солнечной радиации и химических веществ, присутствующих в воздухе, диполимеризуются с отщеплением мономерного газообразного формальдегида – «вторичный», причем скорость отщепления зависит от его молекулярного строения.

Наибольшее влияние на величину выделений формальдегида оказывают следующие факторы: древесные частицы, связующее, структура ДКМ, технология и параметры режима изготовления, используемое оборудование. Несмотря на большое количество работ по изучению источников, причин и механизма выделения формальдегида, а, также способов снижения его количества, остается не решенной проблема получения нетоксичных композиционных материалов на основе карбамидоформальдегидных смол.

Управление выделением формальдегида – сложная задача, поскольку она включает в себя управление выделением формальдегида на различных стадиях производства, начиная с подготовки сырья и материалов и заканчивая распределением готовой продукции. Для предприятий это делает практически невозможным поиск решения проблемы выделения формальдегида экспериментальным путем. Кроме того, при моделировании процесса выделения формальдегида из древесностружечных плит, помимо всего прочего необходимо учитывать желаемое качество плит и затраты на производство. Смоделированный процесс выделения формальдегида позволит каждому производителю выпускать плиты с заданным количеством выделяемого формальдегида в процессе их производства, обработки и последующей эксплуатации с учетом имеющегося оборудования и мощностей. Процесс производства плитных ДКМ является сложной стохастической системой с большим количеством ограничений и дрейфом свойств во времени. Однако он имеет общие закономерности, которым подчиняются процессы любой физической природы, как части окружающей нас среды, что позволяет дать общее математическое описание процесса управления величиной выделения формальдегида. Как объект управления, процесс производства ДКМ является многопараметрическим объектом, т.е. его можно представить в виде  $n$ -мерного вектора, описываемого системой дифференциальных уравнений. Количество вредных выделений в любой момент времени ( $t$ ) можно описать вектором состояния следующим образом

$$F = C \cdot [f(q_i) + f(b_j) + f(p_k) + f(s_l) + f(h_n) + f(w_m) + f)d_r] \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C$  – коэффициент, учитывающий штрафные санкции за выбросы в атмосферу вредных веществ, компенсации за вредные условия труда и т.п.;  $f(q_i)$  – функция, отражающая зависимость эмиссии формальдегида от качественных параметров древесных частиц,  $i = (\overline{1; I})$ ;  $f(b_j)$  – функция, отражающая зависимость эмиссии формальдегида от характеристик связующего,  $j = (\overline{1; J})$ ;  $f(p_k)$  – функция, отражающая зависимость эмиссии формальдегида от



физико-механических свойств плит,  $k = (\overline{1; K})$ ;  $f(s_l)$  – функция, отражающая зависимость количества выделяемого формальдегида от параметров прессования ДКМ,  $l = (\overline{1; L})$ ;  $f(h_n)$  – функция, отражающая зависимость количества выделяемого формальдегида от технологических особенностей оборудования,  $n = (\overline{1; N})$ ;  $f(w_m)$  – функция, отражающая зависимость эмиссии формальдегида от технологической дисциплины работников,  $m = (\overline{1; M})$ ;  $f(d_r)$  – функция, отражающая зависимость эмиссии формальдегида от характеристик уровня материально технической базы,  $r = (\overline{1; R})$ .

Поскольку принятая целевая функция (1) задачи минимизации выделения формальдегида является обобщенной, т. е. многомерной. Поэтому необходимым этапом в построении математической модели является формирование системы ограничений модели (физико-механические свойства плит), которые можно представить в следующем виде.

$$f(d_n, h_w) \geq q_m, \quad (2)$$

где  $d_n$  – параметр, характеризующий вид добавляемых веществ в процессе смешивании стружки со связующим,  $n = (\overline{1; N})$ ;  $h_w$  – параметр, характеризующий количество добавляемых веществ в процессе смешивании стружки со связующим,  $w = (\overline{1; W})$ ;  $q_m$  – параметр, определяющий величину физико-механического свойства,  $m = (\overline{1; V})$ .

Математическая модель (1) и (2) задачи минимизации выделения формальдегида является обобщенной задачей и поэтому многомерной. Целесообразнее алгоритм решения такой задачи построить на локальных моделях, где каждый элемент целевой функции (1) будет рассматриваться, как целевая функция локальной модели. Каждая целевая функция локальной модели будет иметь свою систему ограничений.

### Список литературы

1. Майорова Л.П. Рациональное использование древесного сырья как эколого-экономическая основа функционирования лесопромышленного комплекса / Л.П. Майорова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – 230 с.
2. Шилов И.А. Экология. – М.: Высш. шк., 2000. - 512 с.
3. Природопользование. Природные ресурсы и природопользование в Российской Федерации и в Хабаровском крае. / Фролов Н.М., [и др.] – Хабаровск: 2000. – 576 с.
4. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. – М.: Лесн. промышленность, 1987. – 320 с.
5. Тищенко В.П. Об экологических аспектах производства и использования плитных композиционных материалов. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 182 с.

# БИОИНДИКАЦИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (ПАУ) В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Б.В. Рамазанов, Л.Г. Сохар, Ю.В. Королева  
Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта,  
г. Калининград

Исследование особенностей атмосферного переноса и выпадения полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в Калининградской области проводится в рамках международной программы по изучению воздействия загрязнения атмосферного воздуха на естественную растительность (ICP-vegetation). В Калининградской области «моховая техника» используется для изучения атмосферных выпадений тяжелых металлов с 1995 года [1], а в 2017 году эта технология была использована для изучения переноса и осаждения ПАУ. В качестве индикаторов ПАУ выбраны плеврокарповые мхи: *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp и *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt [2]. Цель исследования: определение реперных точек мониторинговой сети, изучение возможностей применения «моховой техники» для идентификации ПАУ на территории региона (Калининградской области).

С учетом климатических и метеорологических условий региона в сосняках-зеленомошниках в период с июля по сентябрь 2017 года были заложены 4 реперных участка. Первый – в западной части региона, на побережье Балтийского моря (ориентир п. Янтарный); второй – в центральной части региона на той же широте, что и первая точка (ориентир г. Гвардейск); третья точка – северо-восток области (ориентир г. Краснознаменск); четвертая точка – юго-восток области (ориентир оз. Виштынецкое). Координаты участков зафиксированы через GPS-устройство.

На каждом реперном участке был отобран составной образец, собранных на площади 50 x 50 м. Общий объем образца составил 3 литра. Отбирали только трехлетние сегменты растений, удаляя все инородные материалы. Образцы собирали в стеклянные банки и закрывали металлическими крышками. До анализа образцы хранили в холодильнике.

Для извлечения ПАУ 1 г высушенного мха экстрагировали спиртовым раствором КОН и гексаном с помощью обратного холодильника при 80-90 °С в течение 3 ч. Гексановый экстракт промывали дистиллированной водой до pH~7, затем обезвоживали, добавляя 5 г безводного Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и выдерживая при температуре 4-5 °С несколько часов. Верхний слой переносили в круглодонную колбу и упаривали на ротационном испарителе при температуре 40 °С досуха. Сухой остаток растворяли в 1 мл ацетонитрила. Ацетонитрильный экстракт фильтровали через политетрафторэтиленовый фильтр (PTFE) во флакон для ВЭЖХ.

Аналитическое определение ПАУ проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1260 с флуориметрическими диодно-матричным детектором и системой обработки данных Agilent OpenLAB CDS ChemStation. Параметры хроматографического процесса: колонка –

ZorbaxEclipsePAHSolventSaver, зернение 5 мкм, 3,0 x 250 мм; режим термостатирования – 40 °С; объем вводимой пробы – 10 мкл; скорость потока элюента – 0.88 мл/мин; элюент ацетонитрил – вода; градиентный режим.

Количественное определение ПАУ проводили методом абсолютной калибровки (внешнего стандарта). В качестве стандарта использовали стандартную смесь 16 ПАУ №8500-6035. Растворитель: ацетонитрил/ ацетон/ толуен (6:3:1). Градуировку проводили по пяти точкам, отклонения от линейности не превышали 5 %. Ввиду того, что аценафтилен не флуоресцирует, его определение проводилось на диодно-матричном детекторе. Для оценки правильности использовали метод «введено-найдено»

Степени извлечения соединений варьировались от 75 % для более летучих ПАУ (нафталин, аценафтен, флуорен, аценафтилен) до 85 % (фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(в)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,h)антрацен, бенз(q,h,i)перилен, индено(1,2,3-сd)пирен)

Образцы мхов самого западного участка, характеризуются наименьшим содержанием  $\Sigma_{16}$ ПАУ = 80.2 нг/г. Основные соединения представлены флуорантеном 7.2 нг/г, пиреном 9.5 нг/г бенз(в)флуорантеном 8.2 нг/г, что составляет 9, 11.8 и 10.2 % соответственно. Суммарное процентное содержание нафталина 1.5 нг/г, дибенз(а,h)антрацена 2.6 нг/г и бенз(а)пирена 3.1 нг/г составило < 10 % от общего содержания.

Основные соединения ПАУ во мхах центральной части региона (участок 2) ( $\Sigma_{16}$ ПАУ=91 нг/г) представлены фенантреном 18 нг/г, флуорантеном 11 нг/г, пиреном 11 нг/г и флуореном 10 нг/г. Каждое из этих соединений вносит 19.8, 12.1, 12.1 и 11 % соответственно в  $\Sigma$ ПАУ. Наименьшие концентрации установлены для: дибенз(а,h)антрацена – 1.5 нг/г, индено(1,2,3-сd)пирена - 1.6 нг/г, нафталина – 1.6 нг/г, что составило 1.6, 1.8 и 1.8 % соответственно.

Суммарное содержание ПАУ в пробах мха, собранного на северо-востоке Калининградской области (участок 3, вблизи границы с Литвой) леса составило 120.8 нг/г. Фенантрен, флуорантен и пирен являются основными соединениями  $\Sigma_{16}$ ПАУ с 15, 21 и 23 нг/г соответственно, что составляет 12.4, 17.4 и 19 % от общего содержания ПАУ. Наименьшие концентрации пришлось на долю нафталина 1.2 нг/г, антрацена 1.4 нг/г и дибенз(а,h)антрацена 1.6 нг/г, что к общему содержанию ПАУ составляет 1, 1.2 и 1.3 % соответственно.

ПАУ, извлеченные из образцов мха в юго-восточной части региона (участок 4) в приграничном с Польшей районе ( $\Sigma_{16}$ ПАУ=97.8 нг/г) представлены флуореном 8.4 нг/г, фенантреном 10.5 нг/г, флуорантеном 15 нг/г, пиреном 18 нг/г и хризеном 10.6 нг/г. Их содержание 8.6, 10.7, 15.3, 18.4 и 10.8 % соответственно. Наименьшие концентрации пришлось на долю нафталина 2.1 нг/г, аценафтена 2.8 нг/г, бенз(к)флуорантена 2.1 нг/г, дибенз(а,h)антрацен 2.3 нг/г, процентное содержание которых составило ~10 % от общего содержания ПАУ.

Доминируют на реперных участках тяжелые 4-7 кольцевые ПАУ, в то время как легколетучие 2-3 кольцевые обнаружены в минимальных концентрациях. Прослеживается тренд в сторону увеличения содержания  $\Sigma_{16}$ ПАУ на восток, в соответствие с характерным для региона юго-западным

переносом. Вероятно, атмосферные осаднения ПАУ обусловлены не только трансграничным переносом, но и характерным для этого района использования печного и котельного отопления. В качестве инструмента для определения и оценки источников выбросов, загрязняющих веществ использовали диагностические коэффициенты полициклических ароматических углеводородов.

$$k = \frac{B(a)A}{B(a)A + CHR} [3]$$

Где B(a)A - бенз(а)антрацен, Cr – хризен.

При величине коэффициента <0.35, полагали, что основной вклад в загрязнение ПАУ вносит печное отопление (сжигание угля и древесины). В нашем исследовании такой тип загрязнения характерен для центральной и восточной части региона. В западной, наиболее урбанизированной части Калининградской области диагностический коэффициент составил > 0.35, что характерно эмиссии ПАУ от автотранспорта [3].

Таким образом, впервые на территории Калининградской области проведено количественное определение всех 16 приоритетных ПАУ с использованием «моховой техники». Установлены реперные точки мониторинговой сети. Выделены доминирующие ПАУ, дана оценка о предполагаемых источниках загрязнения на территории области.

### Список литературы

1. *Air pollution: Deposition to and impacts on vegetation in (South-) East Europe, Caucasus, Central Asia (EECCA/SEE) and South East Asia / Editors: H. Harmens, G. Mills / ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology, Environment Centre, Bangor, Gwynedd, UK, 2014, 76 p <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/thematic.html>*
2. Harmens, H., Foan, L., Simon, V., Mills, G. *Terrestrial Mosses as biomonitors of atmospheric POPs pollution // Environmental Pollution. – 2013. – V. 173. – P. 245-254.*
3. Akyüz, M., Cabuk, H. *Gas-particle partitioning and seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere of Zonguldak, Turkey // Sci.Total Environ. – 2010. – V. 408 - № 22. – P. 5550–5558.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ ПО ТОКУ БИПОЛЯРНОГО СО СТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИЕЙ ТРАНЗИСТОРА

А.Р. Шахмаева

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»,  
г. Махачкала

Развитие силовой электроники на современном этапе неразрывно связано с необходимостью повышения показателей качества и надежности полупроводниковых приборов, в частности, обеспечения их защиты от пробоя.

Существующие мощные полупроводниковые приборы, такие как биполярные и полевые транзисторы, тиристоры и симисторы, призванные выполнять функции ключей постоянного и переменного тока, из-за часто возникающих токовых перегрузок имеют непродолжительный срок службы. БСИТ (биполярные со статической индукцией транзисторы) являются переключательными элементами для изделий и устройств силовой электроники и в сравнении с их более известными транзисторными прототипами (БМТ, МОП МТ и БТИЗ) превосходят их по основным характеристикам. Они имеют заметно более низкую стоимость единицы коммутируемой мощности по сравнению с МОП МТ и БТИЗ.

Хотя характеристики БСИТ очень похожи на характеристики биполярного транзистора, БСИТ имеет несколько специфических характеристик, которые не свойственны биполярному транзистору, так как потенциальная высота барьера внутреннего затвора, сформированная в канале при включенном состоянии, контролируется посредством изменения ширины канала (щель затвор к затвору) или глубины залегания перехода затвора. Например, в пределах незначительной плотности тока стока БСИТ дает очень высокий коэффициент усиления по постоянному току при обычной конфигурации истока. В пределах большой плотности тока стока коэффициент снижается по мере роста тока стока, как в случае с биполярным транзистором. Для БСИТ желателен высокий коэффициент усиления по току в пределах высокой плотности тока стока.

В биполярном транзисторе есть физическая база, область р-типа, а в БСИТ-транзисторе эту функцию выполняет область пространственного заряда (ОПЗ). Эффект расширения ОПЗ в область канала происходит при подаче отрицательного напряжения на затвор. БСИТ – это транзистор с перекрытым ОПЗ-каналом, эффект работы которого связан с инжекцией неосновных носителей в область пространственного заряда в канале при прямом смещении на затворе.

Чтобы сконструировать БСИТ, надо учесть следующие параметры:

1. Рабочее напряжение транзистора, от которого зависит выбор эпитаксиального слоя.
2. Выбор шага ячейки структуры транзистора, исходя из требуемой ширины канала и предполагаемого значения встроенного потенциала.
3. Оптимизация параметров диффузионной области затвора с целью повышения встроенного потенциала.

В проводимых исследованиях по увеличению коэффициента усиления по току использовались несколько БСИТ, имеющих различные параметры конструкции. По результатам исследований можно сделать следующие выводы: чтобы улучшить коэффициент усиления по току, эффективны следующие подходы:

- более короткое расстояние между диффузионными фронтами затвора и истока;
- более широкая ширина канала;
- разделение области стока на два слоя, верхний слой с низкой концентрацией примесей и нижний слой со сравнительно высокой концентрацией примесей и ионная имплантация бора в область канала.

Эти методы не ухудшают особенности высокой скорости переключения, но слегка увеличивают падение напряжения в режим прямого тока. БСИТ, сконструированный таким образом, демонстрирует коэффициент усиления по току выше 100 и высокую скорость переключения такую, как время спада 25 нсек при токе стока в 50 А, что трудно достичь в обычном биполярном транзисторе.

Биполярный транзистор использует фотолитографию для формирования базы и эмиттера, а в БСИТ проводят сначала диффузию бора, а потом методом самоформирования образуется  $p^+$ -область-затвор. Ячеечное образование эмиттера приводит к устойчивости к вторичному пробую.

За счет увеличения концентрации  $p^+$ -области увеличивается встроенный потенциал  $p$ - $n$ -перехода, что позволяет расширить канал нормально-закрытого БСИТ и это приводит к увеличению коэффициента усиления по току и плотности тока.

Обычно исходными пластинами для БСИТ служат эпитаксиальные структуры  $\frac{KЭФ(10-40)}{KЭС0.01}$ . Результаты экспериментов представлены на рисунках 1-3.

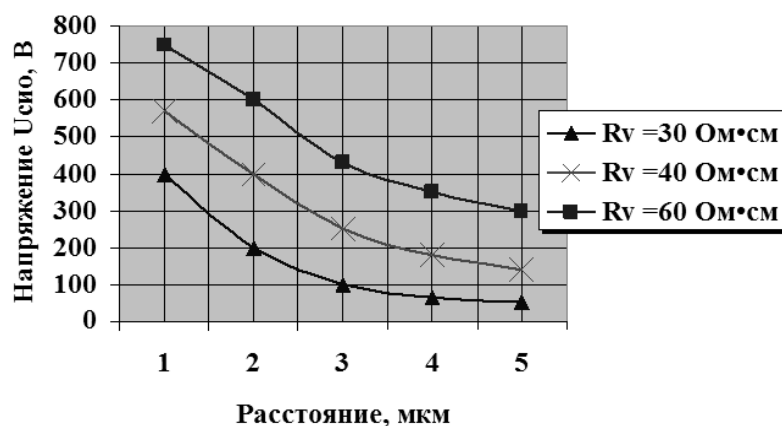


Рис. 1. Зависимость блокирующего напряжения  $U_{сио}$  от расстояния между диффузионными фронтами затвора  $p^+$ -типа для эпитаксиальных слоев  $n$ -типа с удельным объемным сопротивлением 30, 40, 60 Ом/кв

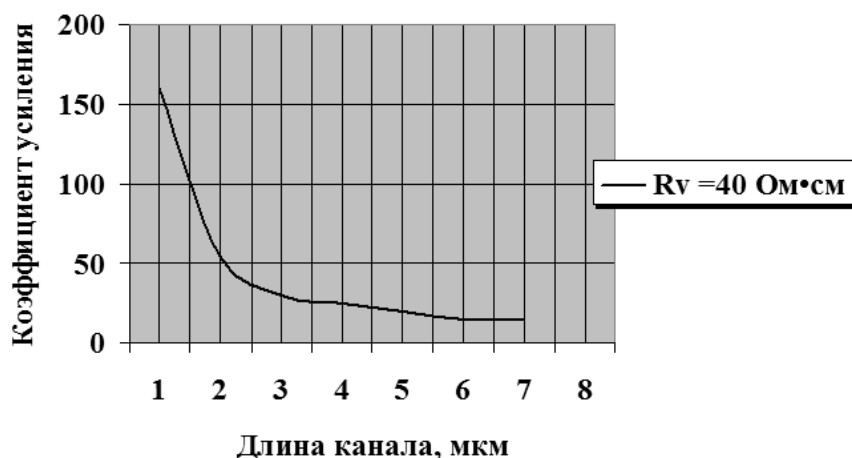


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления по току БСИТ транзистора от толщины обедненной области канала (длины канала) для эпитаксиального для  $n$ -типа с удельным объемным сопротивлением 40 Ом·см



Рис. 3. Зависимость длины канала (толщины обедненной области) от концентрации примеси  $p^+$ -области затвора ( $R_s$ )

### Список литературы

1. Казначеев В.А., Шерстюк В.А. Отечественные транзисторы: БСИТ, СИТ, БТИЗ. – М.: Додэка-XXI, 2001 г. - 64 с.
2. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи. Семейства, характеристики, применение. – М.: Додэка-XXI, 2001. – 97 с.
3. Исмаилов Т.А., Шахмаева А.Р., Букашев Ф.И., Захарова П.Р. Технология, конструкции, методы моделирования и применение БСИТ-транзисторов. – М.: Академия, 2012 г. – 252 с.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. Хайбуллина, О.В. Иванова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

Защита окружающей среды, и, в частности, водоемов, от загрязнений - одна из наиболее важных проблем современности. Одним из основных источников загрязнений водоемов является промышленность, в том числе - предприятия по производству продуктов питания. Сточные воды этой отрасли интенсивно загрязнены легкоразлагаемыми органическими веществами, способными нанести большой ущерб водоемам. Отличительной особенностью водохозяйственного баланса предприятий пищевой промышленности является невозможность, исходя из санитарных соображений (в подавляющем большинстве ситуаций) организации систем оборотного водоснабжения. Наиболее распространенными в группе пищевой промышленности являются предприятия молочной промышленности.

В технологии очистки производственных сточных вод, в особенности стоков предприятий отраслей агропромышленного комплекса, основное применение имеют аэробные биологические методы обработки. Применение биологических методов является одним из путей внедрения безотходной технологии очистки сточных вод. Процесс биологической очистки основан на способности микроорганизмов использовать растворенные органические

вещества сточных вод для питания в процессе жизнедеятельности. Часть органических веществ превращается в воду, диоксид углерода, нитрит- и сульфат-ионы, часть идет на образование биомассы. Существуют аэробные и анаэробные методы биологической очистки сточных вод. При аэробной очистке микроорганизмы культивируются в активном иле и биопленке.

Одним из основных путей интенсификации аэробной биологической очистки сточных вод является повышение концентрации взаимодействующих компонентов, участвующих в процессе, микроорганизмов и растворенного кислорода. Для достижения этих целей разработаны сооружения с повышенными дозами активного ила, с применением технического кислорода, с более эффективным использованием кислорода, с более производительными аэраторами и т.д.

Прикрепление микроорганизмов к твердому носителю увеличивает продолжительность их пребывания в реакционной среде, в результате чего снижаются затраты субстрата питательной среды на биосинтез *hobbix* клеток и значительно уменьшается прирост избыточной биомассы. Последнее обстоятельство имеет немаловажное значение с учетом затрат на утилизацию больших количеств биомассы активного ила. В биологических слоях, образующихся на твердой поверхности носителя, при стационарном режиме работы биореактора устанавливается равновесие между процессами прироста биопленки и вымывания ее из слоя носителя. В связи с этим отпадает необходимость в рециркуляции биомассы, принципиально необходимой при очистке сточных вод в традиционных аэротенках, работающих на дисперсной биомассе. К тому же следует отметить меньшую влажность биопленки по сравнению с биомассой активного ила традиционных аэротенков, а значит и более эффективное отделение биопленки от очищенной воды во вторичных отстойниках.

Однако, несмотря на перечисленные выше преимущества, метод иммобилизации микроорганизмов на твердом носителе еще не нашел широкого применения в промышленности. Это объясняется тем, что имеющиеся сведения о биологической очистке с применением техники иммобилизации биомассы в научно-технической литературе не систематизированы, часто носят противоречивый характер и, как правило, недоступны широкому кругу специалистов в области очистки промышленных сточных вод.

Разработка промышленной технологии биологической очистки сточных вод в иммобилизованных слоях требует проведения широких экспериментальных и теоретических исследований физических и биологических процессов как в лабораторных, так и в производственных условиях. Такие исследования, включающие изучение гидродинамики и кинетики биологических процессов синтеза биомассы и усвоения органических загрязнений сточных вод, позволят обеспечить создание наиболее рациональных и эффективных конструктивных схем сооружений аэробной биологической очистки.

### **Список литературы**

1. Шифрин С.М. и др. *Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности.* - М., Легкая и пищевая промышленность, 1981.



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МИКРОКЛИМАТ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В.П. Шараева, А.С. Рябышенков  
Национальный исследовательский университет  
«Московский Институт Электронной Техники»,  
г. Зеленоград

По мере роста степени интеграции изделий микроэлектроники повышается чувствительность технологического процесса (ТП) к загрязнениям, при этом выделяют следующие отличительные особенности (таблица 1).

Таблица 1  
Характерные особенности ТП микроэлектроники

Особенности ТП	Возможные последствия и требования к организации ТП
1. Групповые методы обработки и многочисленность операций	Возрастание риска брака изделий микроэлектроники при отклонении ТП от регламента и суммирования дефектов на отдельных операциях
2. Миниатюрность формируемых элементов	Высокие требования к чистоте и качеству технологических сред
3. Многообразие и особая чистота материалов и веществ	Специальные требования технологического и санитарно-гигиенического характера
4. Многообразие физических, химических, механических и др. явлений	Мониторинг различных видов воздействий
5. Значительная зависимость воздушной среды от параметров атмосферного воздуха	Мониторинг параметров наружного воздуха природно-технической геосистемы, системы воздухоподготовки и воздушной среды в ЧП

Очевидно, что для реализации ТП необходимо обеспечить специальные чистые условия, определяемые технологическим микроклиматом, представляющим собой совокупность параметров воздушной среды. Его обеспечение включает в себя совокупность процессов эксплуатации системы подготовки воздуха, технологических энергоносителей, а также регламента поведения персонала.

Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 14644-1 Чистое помещение (ЧП) – это помещение, в котором контролируется концентрация взвешенных в воздухе частиц, построенное и используемое так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри помещения, и позволяющее, по мере

необходимости, контролировать другие параметры, например, температуру, влажность и давление воздуха [1].

Основным классификационным критерием класса чистоты служит счетная концентрация частиц размером от 0,1 до 5 мкм в 1 м<sup>3</sup> воздуха (таблица 2) [2].

Таблица 2  
Классификация ЧП по ГОСТ Р ИСО 14644-1

Класс ЧП		Предельно-допустимое число частиц в м <sup>3</sup> воздуха размером равным или превышающим данное значение, мкм				
ИСО 14644-1	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0
1 ИСО	10	2				
2 ИСО	100	24	10	4		
3 ИСО	1000	237	102	35	8	
4 ИСО	10000	2370	1020	352	83	
5 ИСО	100000	23700	10200	3520	832	29
6 ИСО	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7 ИСО				352000	83200	2930
8 ИСО				3520000	832000	29300
9 ИСО				35200000	8320000	293000

Классификация ИСО основана на уравнении  $C = 10 * N \left( \frac{0,1}{D} \right)^{2,08}$ ,

где  $C$  - максимально допустимая концентрация частиц в м<sup>3</sup> воздуха, размер которых равен или больше, чем рассматриваемый размер; значение  $C$  округляется до ближайшего целого числа;  $N$  - класс по ИСО, не превышающий 9. Допускаются промежуточные классы с интервалом  $0,1N$ ;  $D$  - рассматриваемый размер частицы, мкм; 0,1 – константа.

При производстве изделий микроэлектроники имеется весь диапазон классов чистоты. Наиболее полное представление о взаимосвязи ТП и классов чистоты показано в таблице 3.

Таблица 3  
Взаимосвязь ТП и классов чистоты ЧП

Класс ЧП	Технологический процесс
Класс 1-3	Производство интегральных микросхем с наноразмерами
Класс 4	Производство интегральных микросхем с топологией меньше 1 мкм
Класс 5-6	Производство оптических элементов и микроэлектромеханических устройств
Класс 7	Сборка прецизионного оборудования
Класс 8-9	Сборка оптической и микроэлектронной аппаратуры

Считается, что критический размер загрязняющей частицы составляет 0,1 от размеров минимального элемента изделия. Таким образом, для изделия с топологическими размерами элементов от 1 до 2 мкм опасными являются загрязняющие частицы размером от 0,1 до 0,2 мкм. Дефекты, составляющие 0,3 размера минимального элемента, рассматриваются как катастрофические [3].

Основной характеристикой ЧП являются параметры микроклимата (температура, влажность и т.п.). Колебания температуры влияют на линейные размеры обрабатываемых объектов, параметры структур и готовых изделий.

При повышенной влажности возможно проникновение влаги в материалы через микropopы, что приводит к образованию растворов солей, кислот, щелочей и др. Адсорбируясь на поверхностях изделий такие соединения, приводят к нарушениям параметров изделий.

Таким образом, основные параметры технологического микроклимата могут быть сведены в таблицу 4.

Таблица 4  
Основные параметры технологического микроклимата

№	Параметр	Значение параметра
1	Концентрация частиц, част./м <sup>3</sup>	Согласно ГОСТ Р ИСО 14644-1
2	Относительная влажность, %	40±5 (±0,5, ±1, ±2,5)
3	Температура, °С	20-22(±0,05,±0,1, ±0,2,±0,5)
4	Скорость воздуха, м/с	0,25-0,5
5	Кратность воздухообмена, раз/час	20-500

В заключение необходимо отметить, что требования к технологическому микроклимату и чистоте воздушной среды должны обеспечиваться одновременно, так как при невыполнении хотя бы одного из них реализация остальных может оказаться беспредметной.

### Список литературы

1. ГОСТ ИСО 14644-1-2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха. – М.: Стандартинформ, 2008. – 49 с.
2. ISO 14644-1–2015 Cleanrooms and associated controlled environments.

*Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration.*

3. Шмаков, М. Гибридно-пленочные интегральные микросхемы. Чистые помещения. [Электронный ресурс] / М. Шмаков, Е. Теплякова, В. Паршин // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 1(13). – Режим доступа: [http://www.tech-e.ru/2007\\_1\\_72.php](http://www.tech-e.ru/2007_1_72.php).

## ОБОГАЩЕНИЕ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА

Н.В. Игнатьева, О.В. Иванова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

Высокие требования к качеству стекольных песков, как по крупности, так и по химическому составу и непредсказуемые свойства исходных песков определяют подход к разработке технологии их обогащения.

По химическому составу регламентируется минимальное содержание оксида кремния:  $\text{SiO}_2$  от 95.0 до 99.8 % и максимальное содержание основных примесей:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 0.01-0.26 %, и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , от 0.1-4.0 %. Наиболее востребованными являются пески с содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,: от 0.03 до 0.07 %. Пески с более высоким содержанием железа в последнее время имеют ограниченное применение в связи с возросшими требованиями к качеству изделий из стекла. Массовое использование более качественных песков ограничено их высокой стоимостью. В настоящее время в связи с увеличением спроса и ужесточением к качеству кварцевого песка наиболее актуальна тема его обогащения.

Процесс дешламации (обогащения песка) является одним из основных процессов, отвечающих за качество подготовки пульпы к основным обогатительным процессам, а также завершающим их. Для повышения эффективности стекольного производства предлагается использовать способ управления плотностью песков разгрузки дешламатора. Данный способ включает косвенное определение плотности песков разгрузки в виде сигнала приемного устройства, преобразуя сигнал приемного устройства в значение величины плотности песков разгрузки. Информационный сигнал передают в систему управления и осуществляют постоянное корректирование положения исполнительного механизма затвора разгрузочного узла, воздействие системы управления на исполнительный механизм прекращают при соответствии текущей плотности песков разгрузки заданной плотности песков.

Данный способ особенно эффективен при динамическом изменении физико-механических свойств обогащаемого сырья, а также имеет высокую универсальность и может быть успешно применен при гидравлическом гравитационном обогащении руд черных и цветных металлов и других минеральных полезных ископаемых.

### Список литературы

1. Аппен А.А. Химия стекла. - Л.: Химия, 1970. - 352 с.
2. Макаров Р.Т., Хорощева Е.Р. программный комплекс «Технолог стекольного производства» // информационный листок. - № 15-98.

## АМИНОМЕТИЛИРОВАНИЕ 2-(2-ГИДРОКСИ-9-ОКСОАКРИДИН-10(9Н)-ИЛ) УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

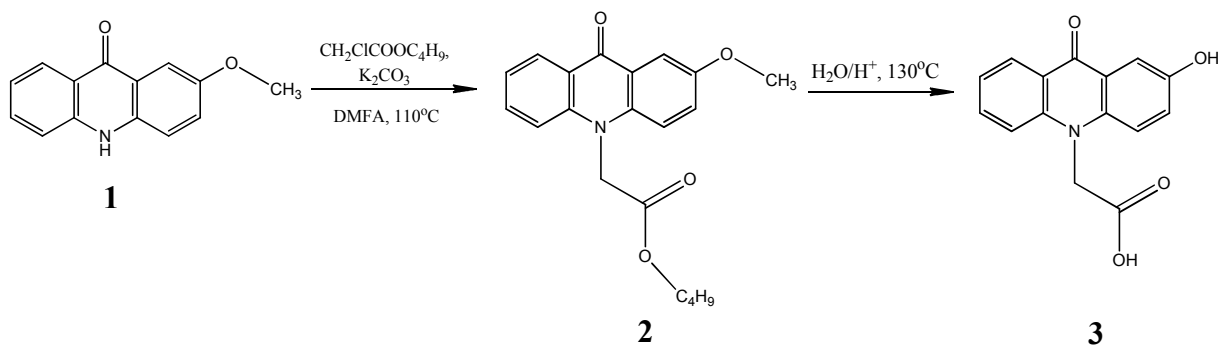
А.А. Штрикова<sup>1</sup>, Т.Н. Кудрявцева<sup>1</sup>, И.Б. Кометиани<sup>1</sup>, Л.Г. Климова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Курский государственный университет,

<sup>2</sup> Курский государственный медицинский университет,  
г. Курск

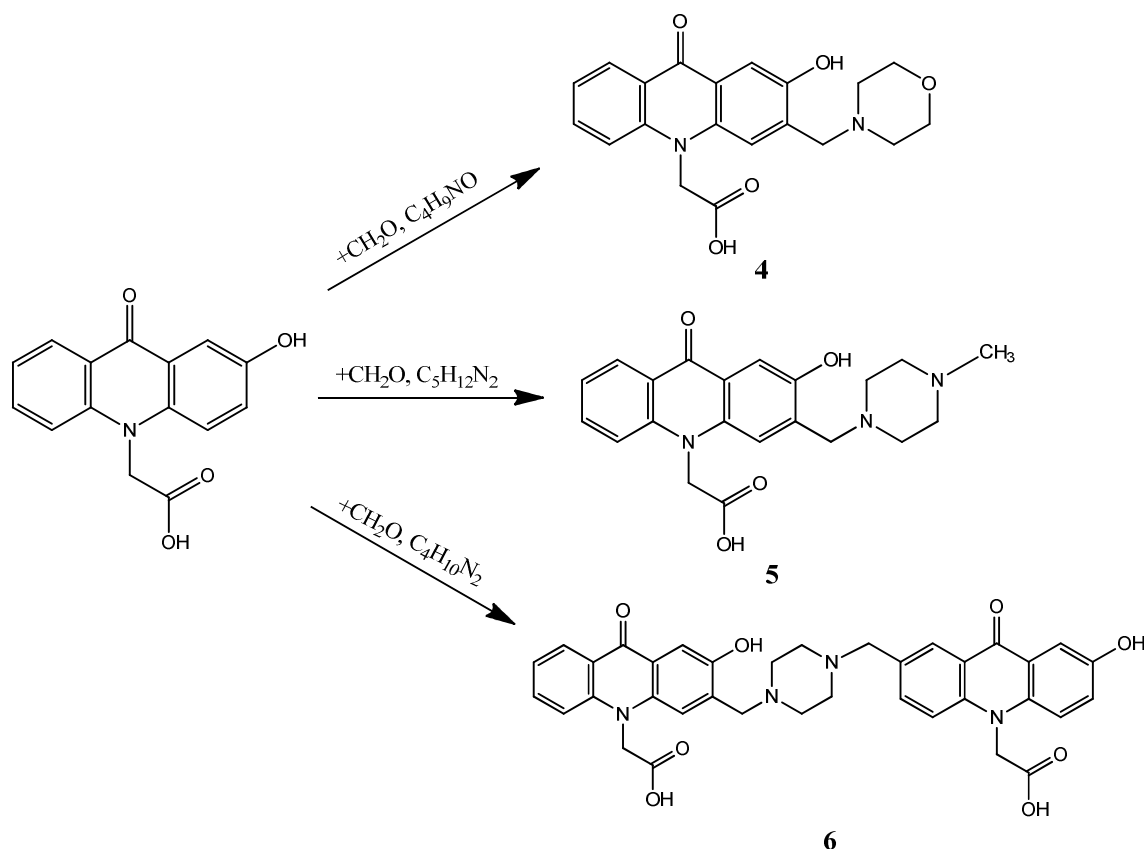
Реакция Манниха является одним из важных этапов в процессах получения многих лекарственных препаратов. Она имеет высокое значение в синтезе некоторых азотсодержащих соединений. Продукты реакции называют основаниями Манниха, к ним можно отнести такие лекарственные средства, как флуоксетин, атропин, этакриновая кислота, тригексифенидил и другие[1].

Исходным соединением, использованным для проведения реакции Манниха, являлась 2-(2-гидрокси-9-оксоакридин-10(9Н)-ил)уксусная(2-гидроксиакридонуксусная) кислота (3). Известно, что производные акридона характеризуются наличием универсальной биологической активности, что позволяет рассматривать их как основу для синтеза различных лекарственных средств[2]. 2-Гидроксиакридонуксусная кислота получена нами в результате алкилирования 2-метоксиакридона (1) с последующим кислотным гидролизом продукта реакции (2).



Для проведения реакции аминометилирования 2-гидроксиакридонуксусной кислоты использовали различные амины, такие как: морфолин, N-метилпиперазин, пиперазин.

В качестве растворителей нами были использованы уксусная кислота, этанол, изопропанол, бутанол. Было установлено, что наиболее высокие выходы достигаются при использовании уксусной кислоты. При уменьшении полярности растворителя снижается скорость и полнота протекания реакции, кроме того, в реакционной смеси появляются продукты побочных реакций, например, этерификации (по данным хромато-масс-спектрометрии).



Полученные основания Манниха характеризуются довольно высокой растворимостью, что затрудняет их выделение из раствора. Самой высокой растворимостью обладает соединение **5**. Так, наиболее оптимальным способом выделения данного основания Манниха является перевод его в гидрохлорид с последующим осаждением из ацетона.

Соединения **4**, **5**, **6** были выделены с выходами от 64 до 87 %. Полученные соединения представляют собой желтые кристаллические вещества. Структура и чистота полученных соединений были подтверждены методами ИК-спектроскопии и хромато-масс-спектрометрии.

По данным микробиологического исследования соединения **4**, **5**, **6** обладают незначительной противомикробной активностью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).*

### Список литературы

1. SumanBala, Neha Sharma, Anu Kajal, Sunil Kamboj, Vipin Saini. Mannich Bases: An Important Pharmacophore in Present Scenario // *International Journal of Medicinal Chemistry*. - 2014. - P. 1-3.
2. Ramesh Kumar, MeenaKumari. Chemistry of Acridone and its analogues // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. - 2011. - P.217-230.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИАЦЕТИЛА В МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ

Л.Я. Ужахова, З.Х. Султыгова, Р.Д. Арчакова, Л.И. Китиева  
Ингушский государственный университет,  
РФ, Республика Ингушетия,  
г. Магас

Диацетил – желто-зеленая жидкость, имеет сильный, жирный запах сливочного масла и сметаны, но практически безвкусен. Растворяется в воде на 25 %. С метанолом образует азеотроп ( $62\text{C}^0$ ). Сильно летуч.

Аромат масла обуславливается веществами различного происхождения; к ним относятся вещества, определяющие аромат молочного жира (свободные летучие жирные кислоты); вещества, образующиеся при пастеризации сливок; ароматические соединения, образующиеся в процессе сквашивания закваски и сливок. Наиболее важное значение, для аромата масла, и аромата других молочных продуктов, имеет диацетил. Диацетил может образовываться при сквашивании закваски и сливок, в процессе сбивания сливок, в первые дни хранения масла. При кратком скашивании сливок аромат свежего масла в значительной степени зависит от выраженности его в закваске. Поэтому условия приготовления закваски должны способствовать максимальному накоплению и сохранению вне диацетила. Аромат масла, выработанного из сливок длительного сквашивания, в большей степени зависит от ароматических веществ, образующихся при сквашивании сливок. Поскольку количество диацетила увеличивается с повышением степени сквашивания сливок, казалось бы, вполне целесообразным для усиления аромата сквашивать сливки до более высокой кислотности. Действительно, масло, выработанное из сливок, сквашенных до высокой кислотности, обладает в свежем состоянии более выраженным ароматом. Однако при длительном хранении качество его быстро снижается; появляются пороки вкуса, связанные с разложением жира (рыбный, олеистый). Поэтому масло, выработанное из сливок, сквашенных до высокой кислотности, можно хранить непродолжительное время. Образование диацетила способствует добавление в молоко цитрата и аэрация закваски. В целях сохранения диацетила следует закваску и готовый продукт быстро охлаждать до  $5-8\text{C}^0$ . Содержание диацетила в заквасках составляет 0,2 - 3,0 мг. %. Диацетил мы определяли путем отгона исследуемого продукта. Первый отгон содержит диацетил, второй – ацетон, который под воздействием хлорного железа окисляется до диацетила. В пробирку с отметкой 10 мл переносят 9мл первого отгона и добавляем 0,7 мл 50 %-го водного раствора КОН. Пробирку встряхивали и оставляли в покое 1,5 мин. Затем переносят в кипящую водяную баню, выдерживаем 1,5 мин., и быстро охлаждаем под струей холодной воды. Содержимое пробирки доводят до метки и колориметрируют в ФЭК – Н51 со светофильтром № 2, концентрация окраски прямо пропорциональна количеству диацетила. Так мы исследовали содержание диацетила в молочных продуктах. Определение диацетила основано на взаимодействии раствора КОН – дает розовое окрашивание. Это качественная реакция.

### Характеристика молочных продуктов на содержание диацетила

№	Молочные продукты	Температура сквашивания	Содержание диацетила мг. %	Титруемая кислотность T <sup>0</sup>	Пределы
1.	Молоко	25	0,1	80-90	0,1
2.	Кефир	25	0,25	80-90	0,2-0,35
3.	Твердые сыры	30	0,0001	80-90	очень мало
4.	Сметана	26	0,4	80-90	0,3-0,7
5.	Масло кисло сливочное	25	0,28	80-90	0,26 с выраж. запахом диацетила
6.	Творог	28	Аромат диацетила	80-90	
7.	Пахта «идеал» диетическая	38	С выраженным ароматом	100-110	
8.	Закваска		0,25		0,2-3,0

Как мы видим по результатам таблицы, содержание диацетила в молочных продуктах находится в норме.

#### Список литературы

1. Ужахова Л.Я., Евлоева А.Я., Султыгова З.Х., Арчакова Р.Д. Коллоидные свойства молока и роль белков в нем. В сборнике: Вузовское образование и наука. Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2016. - С.242-248.
2. URL: <http://milko.ru/vfsla/aromat-masla.htm>

### ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПБТ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО АКЦЕПТОРОМ КИСЛОРОДА

Л.И. Китиева, Т.А. Борукаев, З.Х. Султыгова,  
Р.Д. Арчакова, Л.Я. Ужахова  
Ингушский государственный университет,  
г. Магас

В настоящее время наиболее эффективными для прогнозирования ресурса эксплуатации полимерных изделий являются дериватографические методы исследования, которые позволяют исследователям и практикам определить уровень термических характеристик полимерного материала. Из дериватографических методов исследования наибольшее распространение получил динамический термогравиметрический анализ (ТГА), который является одним из ускоренных и информативных методов, позволяющих провести сравнительную оценку стабилизированных и нестабилизированных полимеров. С помощью кривых ТГА можно рассчитать ряд кинетических и



термодинамических параметров процесса деструкции полимеров.

Анализ результатов термических исследований, приведенных в таблице, показывает, что значение  $T_{2\%}$  для композитов ПБТ + Z выше на 40-50°, чем у исходного полимера, причем термоокислительная стойкость композитов ПБТ+Z зависит от содержания Z в образце. Так, для ПБТ (В-305) + Z, где  $C_Z = 0,05$  % (масс.),  $T_{2\%} = 325$  °С, тогда как для исходного ПБТ (В-305) и промышленного образца это значение составляет 270 и 312 °С соответственно.

Такое поведение термических свойств исходного, промышленного ПБТ и стабилизированных композиций ПБТ + Z особенностью свойств Z эффективно ингибировать термоокислительную деструкцию полимеров.

Термические характеристики ПБТ и композиций ПБТ+Z при нагревании на воздухе в динамическом режиме\*

№ п/п	Образец	Температура потери массы, °С				E <sub>тод</sub> , кДж/моль	S <sub>i</sub> , мин
		2%	5%	10%	50%		
1.	ПБТ (В-305)-нестаб.	270	330	355	375	111,7	22,0
2.	ПБТ(В-305)-пром.	312	345	355	390	116,7	34,8
3.	ПБТ (В-305)+0,05%Z	325	342	352	380	271,7	44,0
4.	ПБТ(В-305)+0,1% Z	323	344	350	380	224,7	41,2
5.	ПБТ(В-305)+0,5% Z	315	340	353	380	193,9	38,0
6.	ПБТ(В-005)- нестаб.	280	333	350	368	116,2	27,2
7.	ПБТ(В-005)- пром.	315	345	360	380	191,9	41,2
8.	ПБТ(В-005)+0,01%Z	320	350	360	380	208,8	40,0
9.	ПБТ(В-005)+0,05%Z	325	345	360	380	230,8	44,0
10.	ПБТ(В-005)+0,1% Z	323	350	360	380	222,5	46,0
11.	ПБТ(В-005)+0,5% Z	320	348	355	378	217,8	46,0
12.	ПБТ(В-005)+1,0% Z	320	345	352	378	218,3	42,0

\* - скорость подъема температуры 2,5 град/мин.

### Список литературы

1. Нецепная антиокислительная стабилизация полибутилентерефталата // Китиева Л.И., Борукаев Т.А., Машуков Н.И., Микитаев А.К., Султыгова З.Х., Саламов А.Х. *Фундаментальные исследования*. - 2013. - №6-5. - С.1128-1132.

2. Нецепная высокотемпературная стабилизация полибутилентерефталата // Китиева Л.И., Саламов А.Х., Борукаев Т.А., Машуков Н.И. *В сборнике: Вузовское образование и наука Материалы региональной научно-практической конференции*. - 2009. - С. 324-327.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ БУРОВОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Ю.Е. Будюков<sup>1</sup>, В.И. Спирин<sup>1</sup>, Л.К. Горшков<sup>2</sup>,  
А.М. Беклемишев<sup>3</sup>, Т.Ю. Будюкова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> АО «Тульское научно-исследовательское геологическое предприятие»  
(АО «Тульское НИГП»), г. Тула

<sup>2</sup> Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Российский государственный геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе, г. Москва

<sup>4</sup> Тульский государственный университет, г. Тула

При бурении с гидротранспортом керна (КГК) в твердых породах вследствие специфических условий работы коронок на забое скважины, когда отсутствует устойчивая циркуляция промывочной жидкости по всему профилю забоя, так как основной поток ее устремляется в керноприемную трубу, температура торца коронки может достигать высоких значений, что приводит к аномальному износу этого породоразрушающего инструмента [1-3].

Количество тепла, поглощаемого коронкой в процессе разрушения пород забоя и затем участвующего в теплообмене с промывочной жидкостью, можно определить по формуле

$$Q = K_0 (t_A - t_N), \quad (1)$$

где  $t_A$  – температура нагрева режущих граней алмазов, °С;

$t_N$  – температура потока промывочной жидкости, омывающей коронку, °С;

$K_0$  – коэффициент интенсивности теплообмена, ват/°С;

$Q$  – количество тепла, поглощаемого коронкой, ват.

$$K_0 = \frac{\lambda_a f_a m}{1 - \frac{f_a}{f_M} \cdot \frac{2p \frac{\lambda_K f_K}{\lambda_M f_M} \varphi + 2n^{enh} - n[en(h - h_a) + e^{-n(h-h_a)}]}{2p \frac{\lambda_K f_K}{\lambda_M f_M} \varphi + n[en^{(h-h_a)} - e^{-n(h-h_a)}]}} \quad (2)$$

где  $\lambda_A, \lambda_M$  – теплопроводность алмаза и материала матрицы соответственно, Вт/(м·°С);

$f_a, f_M$  – площадь сечения алмазов и матрицы соответственно, м<sup>2</sup>.

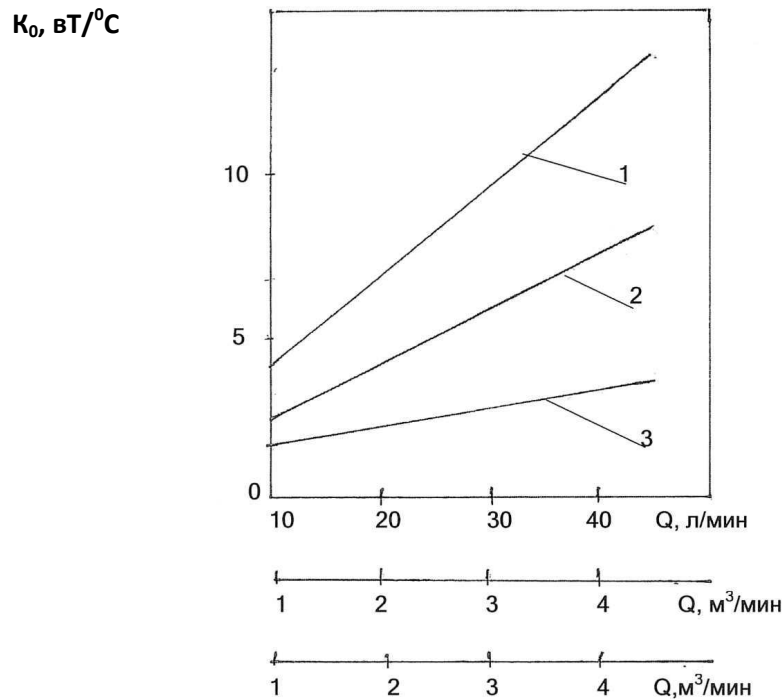
Показатель интенсивности теплообмена  $K_0$  при постоянной насыщенности коронки объемными алмазами, когда  $f_a = const$ , есть функция коэффициента теплоотдачи  $a$ , так как входящие в формулу (2) величины  $m$ ,  $n$  и  $p$  – функции  $a$ .

Величина  $a$  определяется природой очистного агента, т.е. его теплофизическими характеристиками, поэтому для различных очистных агентов значение  $K_0$  может изменяться в довольно широких пределах: например, в случае использования воды как очистного агента  $K_0$  в 5-15 раз выше, чем при продувке сжатым воздухом (рис. 1).

Из выражения (2) после преобразований находим:

$$t_A = Q/K_0 + t_N, \quad (3)$$

Из выражения (2) и (3) и рис.1 видно, что температура нагрева алмазов возрастает прямо пропорционально ( $Q$ ) и обратно пропорционально ( $K_0$ ) и повышается с возрастанием температуры промывочной жидкости.



Зависимость величины показателя интенсивности теплообмена  $K_0$  от расхода очистного агента:

- 1 – для воды (расход в  $m^3/min$ ); 2 – для газожидкостной смеси (расход в  $m^3/min$ );  
3- для сжатого воздуха (расход в  $m^3/min$ )

Если пренебречь величиной  $h_a$ , (величина выступа алмазов из матрицы) хотя в действительности при разрушении породы  $h_a > 0$ , так как только обнажённые и внедрившиеся в забой алмазы определяют бурение, то можно записать:

$$K_0 \lambda_a f_a m \left( 1 - \frac{f_M}{f_a} \right)^{-1}, \quad (4)$$

Уменьшение  $f_M$ , например, за счёт уменьшения толщины матрицы и увеличения числа и размеров промывочных каналов, способствует росту  $K_0$ . Величина  $f_a$  может изменяться от 0 до максимума, определяемого возможностями порошковой металлургии, но всегда  $f_a < f_M$ .

Определим  $K_0$  при  $h_a = 0$ , для чего перепишем (4), раскрыв значение  $m$ :

$$K_0 = f_M \sqrt{\alpha \Pi_a \lambda_a f_a} (f_M - f_a)^{-1}, \quad (5)$$

Так как  $f_a$  и  $\Pi_a$  (периметр алмазов) являются функциями глубины внедрения алмазов в породу, то при отсутствии обнаженных и внедрившихся в забой алмазов  $f_a = 0$ ,  $\Pi_a = 0$  и, значит,  $K_0 = 0$ .

Отсюда ясна физическая сущность  $K_0$  – этот показатель определяет интенсивность теплоотвода от работающих алмазов: посредством теплопроводности в матрицу и далее конвекцией к очистному агенту. При этом зашлифованные и невнедрившиеся в забой алмазы становятся как бы наполнителем для матрицы,

С ростом  $f_a$  показатель интенсивности теплообмена  $K_0$  растет, т.е. увеличение массового содержания алмазов в коронке с одновременным уменьшением их крупности способствует увеличению  $K_0$  и вместе с ним - увеличению предельно допустимого значения забойной мощности.

По формулам (2), (3), (4), (5) были произведены расчёты разницы температур  $t_a-t_p$  (табл. 1) [3]

Таблица 1  
Расчёт разницы температур  $t_a-t_p$

Очистной агент (его температура $t_0, ^\circ\text{C}$ )	Расход очистного агента	$\frac{Q}{2G_c}, ^\circ\text{C}$	$r\frac{AW^2}{2gc}, ^\circ\text{C}$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$t_a-t_p, ^\circ\text{C}$
Сжатый воздух (30)	м <sup>3</sup> /мин				
	1,5	15	5	50	550
	3,5	10	5	45	555
	5,5	5	5	40	560
Вода (10)	л/мин				
	10	1	-	11	589
	30	0,5	-	10,5	589,5
	50	-	-	10	590

О влиянии вида и расхода очистного агента на степень нагрева алмазов свидетельствует расчёт величин (табл. 1), входящих в выражение  $t_p$ , вместе со значениями разности  $t_a-t_p$ , при этом начальное значение  $t_a=600\text{ }^\circ\text{C}$ . Из табл. 1 следует, что температура сжатого воздуха, циркулирующего в призабойной зоне, повышается за счёт теплообменных процессов, так и за счёт трения при скоростном обтекании поверхности коронки.

Из формулы (3) следует, что еще одним путем нормализации температурного режима работы алмазной коронки является снижение величины  $t_p$ , т.е. охлаждение очистного агента способствует снижению температуры нагрева режущих граней алмазов  $t_a$ .

С целью определения температуры нагрева торца алмазной коронки для КГК типа В9 было проведено опытное бурение по блоку окварцованного песчаника на буровом стенде станком СКБ-4. Значение параметров режима были следующими: осевая нагрузка на коронку 1200 кГ, частота вращения снаряда –  $281\text{ мин}^{-1}$ , расход промывочной жидкости (воды) изменялся от 0,1 до 30 л/мин.

На рабочем секторе коронке В9 были нанесены термочувствительные краски (табл. 2) резко меняющие свой цвет при достижении определенной температуры.

В результате испытаний установлено, что температура нагрева торца алмазной коронки составила  $470\text{ }^\circ\text{C}$ .

Установлено, что прекращение подачи промывочной жидкости в течение 1-1,5 мин приводило к прижогу коронки, но даже при минимальной подаче на забой промывочной жидкости, равной 1 л в минуту, температура матрицы не превышает  $510\text{ }^\circ\text{C}$ . Визуальным осмотром торца коронки, произведенным после

опытов с циркуляцией жидкости никаких изменений матрицы и алмазов не обнаружено. Однако очистка забоя от выбуренного шлама происходит при значительном большем (в 20-30 раз) количестве промывочной жидкости. Поэтому первостепенное значение при проектировании алмазных коронок для бурения КГК в твердых породах должно придаваться очистке забоя скважины от шлама.

Таблица 2  
Шкала термочувствительных красок

№ п/п	№№ образцов	Температура перехода в °С с точностью до $\pm 10^0$	Цвет окраски	
			до достижения критической температуры	после достижения критической температуры
1	1а	45	Светло-розовый	Голубой
2	3(3-а, 3-б)	85	Оранжевый	Серый
3	4	120	Светло-зелёный	Фиолетовый
4	2а	180	Сиреневый	Синий
5	8	230	Зелёный	Коричневый
6	6а	255	Кремовый	Беж тёмный
7	10	280	Охристый	Красно-коричневый
8	12	340	Голубой	Беж
9	6б	380	Белый	Коричневый
10	15	470	Оранжевый	Жёлто-розовый
11	14	510	Розовый	Белый (через беж)
12	4	610	Светло-зелёный	Грязно-белый (через коричневый)

Экспериментальные исследования алмазных микро-коронок для КГК диаметром 20 мм также проводились в лабораторных условиях на специальном стенде на базе сверлильного станка 2А55 по ГОСТ 9206-80 (Порошки алмазные). При этом замеры температуры рабочей поверхности коронок производилось прибором АКПП -93091-9310 инфракрасным бесконтактным радиационным термометром, при следующих режимных параметрах бурения: частота вращения – 500 об/мин; удельная осевая нагрузка – 460 Н, расход промывочной жидкости – 1,2 л/мин.

При этом было установлено, что температура торца коронки её матрицы и корпуса находятся в соотношении 1:0,5:0,2.

Таким образом, анализ математических моделей нагрева алмазных коронок и результатов их экспериментальных исследований позволил установить требования к конструкции коронок для КГК по предупреждению действия температурного фактора, т.е. нормализации температурного режима алмазного

инструмента, что следует использовать при совершенствовании алмазных коронок для КГК.

### Список литературы

1. Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спиринов В.И. Алмазный породоразрушающий инструмент. – Тула: ИПП «Гриф и К», 2005. – 288 с.
2. Горшков Л.К., Будюков Ю.Е. Особенности технологии бурения с продувкой однослойными коронками с различными насыщенности и зернистостью алмазов. Научно-технический реферативный сборник «Алмазы, НИИМАШ., вып.11, 1971г.
3. Горшков Л.К., Гореликов В.К. Температурные режимы алмазного бурения. – М: Недра, 1992. – 198 с.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ ВСТАВОК НА СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Т.Ю. Будюкова<sup>1</sup>, А.М. Беклемишев<sup>2</sup>, В.И. Спиринов<sup>3</sup>, Ю.Е. Будюков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Тульский государственный университет, г. Тула

<sup>2</sup> Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва

<sup>3</sup> АО «Тульское научно-исследовательское геологическое предприятие» (АО «Тульское НИГП»), г. Тула

Проведённый анализ работы вышедших из строя твёрдосплавных коронок для вращательного бурения на карьерах показал, что, как правило, разрушается не лезвие твёрдосплавной вставки, где рабочее напряжение имеет высокое значение, а вставка в своём основном сечении, что можно объяснить только отрицательным влиянием на прочность твёрдого сплава вставки внутренних напряжений, возникающих после пайки.

Ряд исследователей рассматривали причины возникновения внутренних напряжений при пайке твёрдых сплавов и стали. Эти исследования явились предпосылкой для более глубокого изучения сложного случая пайки твёрдых сплавов в закрытый паз.

Нами принят аналитический метод определения напряжений, возникающих при пайке, по двум боковым плоскостям. При этом ширина вставок определялась по зависимости

$$b = \frac{\tau \cdot P}{h \cdot \sigma \operatorname{tg} \beta},$$

где  $\tau$  - коэффициент ( $\tau = 0,8-0,9$ );

$P$  - осевая нагрузка;

$h$  - глубина внедрения резца;

$\sigma$  - предел прочности породы;

$\beta$  - угол заострения, град.

Также были проведены исследования по возможности применения вместо твёрдосплавных вставок алмазно-твёрдосплавных импрегнированных вставок, в том числе с добавками наноалмазов. Исследовано влияние нанодобавок на

физико-механические свойства матричной композиции на более широко применяемой в буровом инструменте композиции ВК8-Си. Установлено, что введение наноалмазов в состав композиции ВК8-Си приводит к более совершенной структуре материала и повышению стойкости матриц, что обуславливает улучшение эксплуатационных показателей (стойкость коронок, механической скорости бурения) бурового инструмента.

### Список литературы

1. Будюкова Т.Ю. Краткий анализ бурения режущим твёрдосплавным инструментом. Приоритетные направления развития науки и технологий. Тезисы докладов XV международной науч.-техн. конф.; под общ.ред. В.М. Панарина. – Тула: изд-во «Инновационные технологии», 2014 -76 с.

## ПРИНЦИПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

А.Р. Пинчуков

Тульский государственный университет,  
г. Тула

Динамически развивающиеся потребности населения крупных городов ставят перед проектировщиками постоянно усложняющиеся задачи по обеспечению этих потребностей. На сегодняшний день наиболее рациональным считается поквартальная реконструкция сложившейся застройки городских территорий.

В ходе разработки проектов реконструкции проектировщикам на сегодняшний день особое внимание необходимо уделять следующим факторам:

- выбор наиболее рационального использования территорий (наземное и подземное пространства);
- в случае реконструкции существующих зданий, разработка решений по максимально возможному увеличению их жизненных циклов;
- проектирование инженерных систем с учетом возрастающих потребностей и использованием энергосберегающих технологий;
- учет потребности в объектах инфраструктуры (магазины, офисы, торгово-развлекательные комплексы, места проведения семейного досуга и др.) [1];
- устройство парковок и стоянок для автотранспорта с учетом возрастающего уровня автомобилизации.

Факторы, приведенные выше, требуют проведения сложных градостроительных и менеджерских исследований, включающих инвестиционную привлекательность и экономическую надежность. Данного эффекта можно добиться благодаря получению на реконструируемой территории жилья с повышенной комфортностью и высокими эксплуатационными характеристиками.

Оптимизация архитектурно-планировочного решения реконструкции застройки должна учитывать:

- размещение внутриквартальных дорог,

- зоны отдыха,
- объекты бытового обслуживания в «шаговой» доступности,
- учет рельефа местности,
- использование экологически чистых материалов;

устройство инженерных сетей с учетом возросшей нагрузки и необходимостью внедрения энергоэффективных технологий.

На сегодняшний день применяются следующие принципиальные подходы по решению данных проблем:

- полный снос ветхих, морально и физически устаревших жилых домов с переселением жильцов во вновь построенные здания, либо имеющийся переселенческий фонд;

- сохранение зданий с надстройкой 2-4 этажами и частичным сносом отдельных строений, строительством точечных многоэтажных домов и освоением подземного пространства путем возведения заглубленных строений;

- сохранение жилого фонда с устройством многоэтажных вставок в сочетании с надстройкой и обстройкой жилых домов;

- реконструкция жилых домов известными методами с уплотнением застройки и с освоением подземного пространства под спортивными площадками, дворовыми территориями, внутриквартальными дорогами и др.[2]

Выше перечисленные способы обновления сложившейся застройки в сегодняшней ситуации по-своему привлекательны, но не имеют четкой системы показателей позволяющих определить целесообразность использования именно этого метода при различных ситуациях. Существующая система технико-экономических показателей позволяющая оценить предложенные проектные решения направлена в первую очередь на ознакомление специалистов с их основными характеристиками и не предоставляет возможность объективно провести их оценку. На сегодняшний день не существует методики сравнения систем технико-экономических показателей различных способов реконструкции, для определения их эффективности и оптимальности в идентичных условиях. Данное обстоятельство влечет за собой определенные трудности, так как нет возможности целостно провести сравнительный анализ с точки зрения технологических, социальных, экономических и др. факторов.

Проведение реконструкционных работ позволяет получить обновленную застройку, отвечающую современным требованиям, а также получить современную транспортную и внутриквартальную инфраструктуру. В зависимости от того насколько будет правильно выбран проект реконструкции или обновления сложившейся застройки на столько улучшатся условия проживания населения, городская среда, инвестиционный климат и условия для развития малого бизнеса.

### **Список литературы**

1. Акуленкова И.В., Дроздов Г.Д., Малафеев О.А. *Проблемы реконструкции жилищно-коммунального хозяйства мегаполиса: Монография.* - СПб.: СПбГУСЭ, 2007.

2. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. *Реконструкция жилых зданий / Часть II Технологии реконструкции жилых зданий и застройки.* – М., 2008.



3. Грбовой П.Г. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: учебное пособие для вузов / под общей редакцией П.Г. Грбового и В.А. Харитонова. - М.: Изд-ва «АСВ» и «Реалпроект», 2006. - С- 624.

## **ЭЛЕКТРО- И ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ**

В.А. Рерих, Д.Д. Ельтищева, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

С каждым днем промышленность развивается все прогрессивнее, вследствие чего происходит образование загрязненных сточных вод. Все это не проходит бесследно для окружающей среды. Для очистки сточных вод от органических и неорганических загрязнений применяют различные методы электрохимической обработки [2]. Использование данных методов позволяет извлекать ценные примеси из сточных вод, контролировать солевой состав, а также значительно упростить технологическую схему очистки.

Наиболее распространенными методами электрохимической очистки загрязненных сточных вод являются электрокоагуляция и гальванокоагуляция. В данных методах происходит очистка от шестивалентного хрома, тяжелых металлов, меди, цинка. Железо растворяется по электрохимическому механизму, образовавшиеся ионы  $Fe^{2+}$  восстанавливают шестивалентный хром  $Cr^{6+}$  до трёхвалентного  $Cr^{3+}$  с последующим образованием  $Cr(OH)_3$ . Различие состоит в том, что при электрокоагуляции железо растворяется электрохимически при наложении на стальные пластины анодного потенциала от внешнего источника тока. В гальванокоагуляционных установках железо растворяется гальванохимически за счет разности потенциалов, которая возникает при контактировании железа с коксом или медью [1].

Электрокоагуляцию целесообразно использовать для очистки сточных вод от диспергированных частиц. Можно применять данный метод очистки для сточных вод с нейтральной или слабощелочной средой [1]. Схема установки представлена на рисунке 1. Электрокоагулятор представляет собой устройство прямоугольной формы, включающий в себя блок электродов, которые расположены на расстоянии 6-20 мм друг от друга. Сточная вода сначала подвергается грубой очистке в механическом фильтре и гидроциклоне. Часть скоагулированных примесей флотировается, а другая часть осаждается в нижней части аппарата.

В качестве анодов применяют растворимые металлы из железа, алюминия или магния. Под действием постоянного электрического тока происходит растворение анодов, образуются гидроксиды, которые способны в коагуляции. Чаще всего катоды изготавливают из того же материала, что и аноды. Данный прием позволяет увеличить ресурс работы устройства, периодически меняя полярность электродов.

Применяя метод электрокоагуляции можно достичь высокой эффективности в очистке сточных вод от нефтепродуктов и масел (54-68 %) и от жиров (92-99 %).

Электрокоагулятор имеет ряд преимуществ, таких как, универсальность, компактность и простота управления. Наряду с достоинствами данное устройство имеет и недостатки: работать электроагулятор будет только при наличии электричества, кроме того за счет выделения водорода на катоде установка становится взрывоопасной.

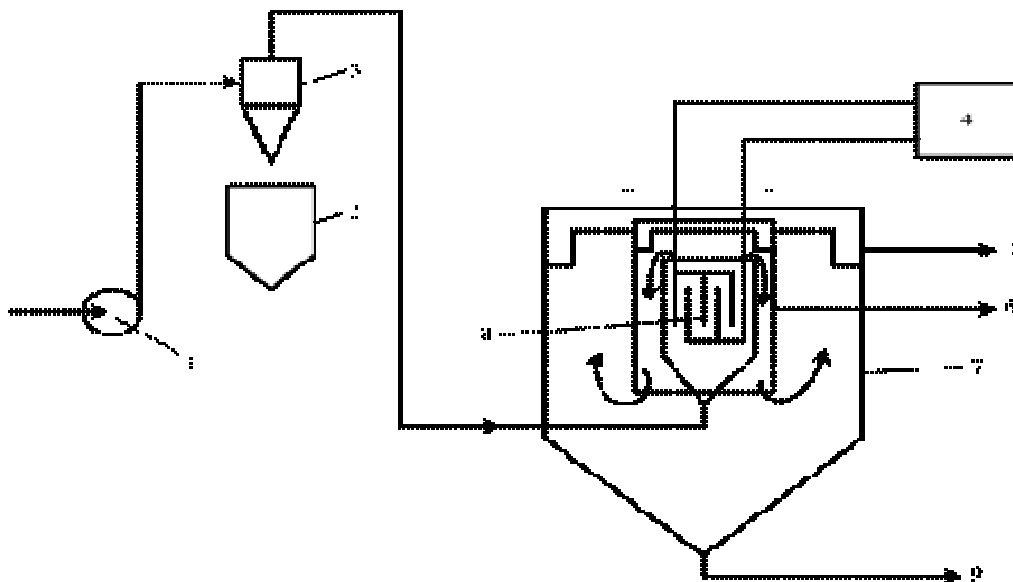


Рис.1. Электрокоагуляционная установка,  
 где: 1 - насос; 2 - бункер для осадка; 3 - гидроциклон; 4 - выпрямитель; 5 - выпуск очищенной воды; 6 - уловленные нефтепродукты; 7 - вертикальный отстойник; 8 - электродный блок; 9 - выгрузка осадка

Наряду с электрокоагуляцией широко применяется метод гальванокоагуляции. Метод протекает за счет электрохимического растворения в воде металлических электродов [3]. В качестве материала электродов применяют алюминий или сталь. Принципиальная схема гальванокоагуляционной установки представлена на рисунке 2.

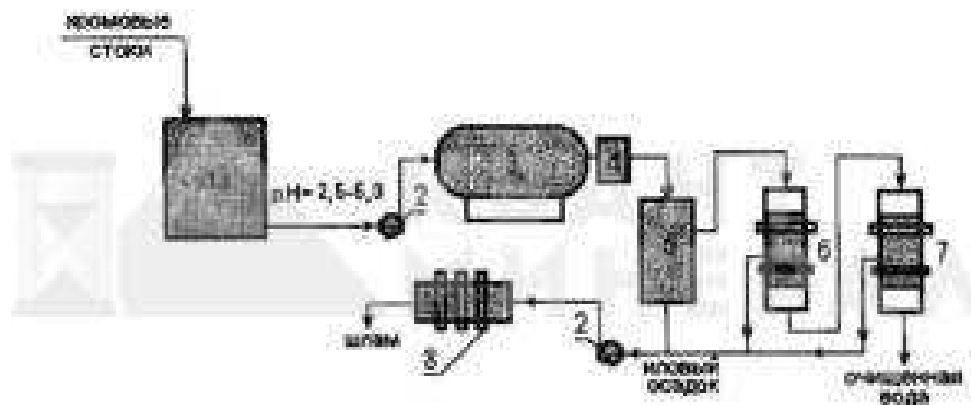


Рис. 2 . Принципиальная схема гальванокоагуляционной установки,  
 где: 1 -накопитель хромовых стоков, 2-насос, 3-гальванокоагулятор, 4-ловитель скрапа, 5-отстойник, 6-механический фильтр, 7-фильтр с плавающей загрузкой, 8-пресс-фильтр

При гальванокоагуляции сточную воду сначала подают через зону загрузки скрапа, которая является гальванической парой. Возникающая разность потенциалов позволяет перевести железо в сток без наложения тока от внешнего источника. За счет контакта железа с кислородом, двухвалентное железо окисляется до трехвалентного.

В зависимости от pH сточных вод, расход железа будет в пределах от 0,2 до 1 кг на тонну воды. В итоге будет образовываться 1,5 кг железистого отхода.

Перед сбросом в горколлектор сточные воды необходимо очистить от взвешенных частиц: сначала выдержка в отстойнике, затем фильтрование через фильтры с плавающей загрузкой. Образовавшийся осадок проходит очистку на пресс-фильтрах.

Методы электрокоагуляции и гальванокоагуляции имеют ряд отличий. Первое отличие состоит в том, что при электрокоагуляции возможно изменять силу тока, что влияет на степень обезвреживания стоков с различной концентрацией шестивалентного хрома. В гальванокоагуляционных установках такая возможность отсутствует, так как в промышленности невозможно регулировать состав стока от которого непосредственно и зависит количество растворенного железа [4].

Второе отличие состоит в том, что при гальванокоагуляции часть двухвалентного железа окисляется кислородом за счет постоянного перемещения металлической загрузки из стока на воздух и обратно при вращении барабана. В электрокоагуляционных установках двухвалентное железо применяется в восстановлении шестивалентного хрома.

Третьим отличием является трудность в обслуживании аппаратов: межэлектродное пространство электрокоагуляторов необходимо прочищать скребками; в гальванокоагуляторах существует необходимость соблюдать соотношение металлической стружки и кокса.

На рынке представлен большой выбор коагуляционных установок: установка Intesna фирмы Scandidesco, в основе которой лежит электролитическая клетка, состоящая из пластин с электродами. При прохождении тока между пластинами, происходит растворение металлов. С протеканием химической реакции либо путем слияния коллоидных материалов, происходит удаление загрязняющих веществ, которые в последующем осаждаются и фильтруются. Еще к достоинствам данной установки можно отнести отсутствие необходимости применения щелочи для начала протекания реакции. При использовании алюминиевого источника получается снизить уровень остатков металла, а, следовательно, и получить меньше осадка на выходе (50-70 %). Регулируя уровень тока, также происходит корректировка дозы ионов алюминия.

Электрокоагуляционная установка фирмы ООО «Акватайм» предназначена для очистки воды из открытых водоемов, скважин, колодцев, и централизованного питьевого водоснабжения до соответствия требованиям санитарным нормам. Принципиальная схема электрокоагуляционной установки ООО «Акватайм» представлена на рисунке 3. В качестве сорбента для доочистки используется кварцевый песок, что позволяет исключить хлорорганические соединения из стока. Обработка воды на установке протекает по технологии защитно-сорбционной очистки. Поступающая сточная вода, протекая через

защитный и сорбционный фильтр, осветляется и проходит доочистку от остатков органических соединений и ионов тяжелых металлов.

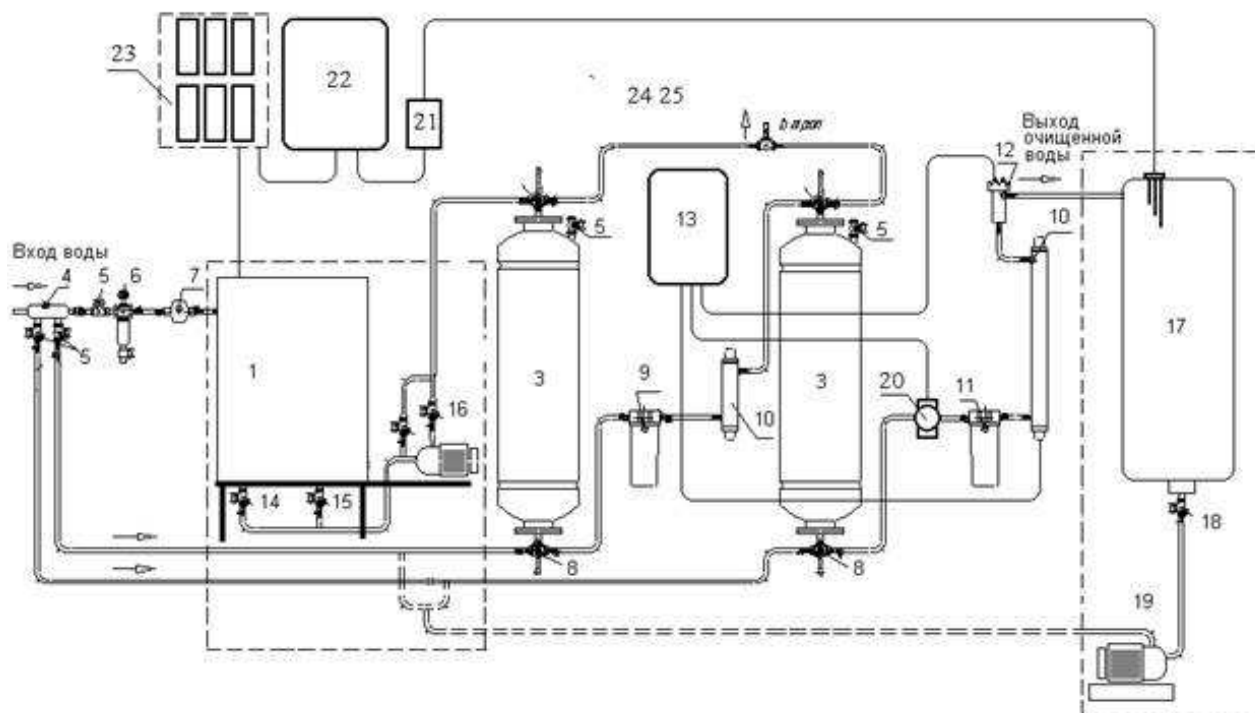


Рис. 3. Принципиальная схема электрокоагуляционной установки ООО «Акватайм», где 1- Электрокоагулятор; 2- Защитный фильтр; 3- Сорбционный фильтр; 4- Коллектор; 5- Шаровый вентиль; 6- Фильтр с манометром; 7- Магнит; 8- Трехпозиционный кран; 9- Фильтр грубой очистки; 10- УФО; 11- Фильтр тонкой очистки; 12- Ионатор серебра; 13-Пульт управления; 14-Кран подачи воды из коагулятора на фильтровальную станцию; 15- Кран отвода промывной воды из коагулятора; 16- Краны, регулирующие подачу воды на фильтровальную станцию; 17- Емкость-накопитель (промывная емкость); 18- Кран подачи промывной воды; 19- Промывной насос; 20- Расходомер; 21- Датчик уровня воды в емкости накопителе; 22- Щит управления коагулятором; 23- Модуль питания коагулятора

Таким образом, электрохимические методы очистки сточных вод в настоящее время являются одной из самых перспективных технологий, позволяющих удалить тяжелые металлы и подготовить воду к сбросу в городскую канализацию.

### Список литературы

1. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманец. –М.: Москва, 2005.-576 с.
2. Ксенофонтов Б.С. Проблемы очистки воды / Б.С. Ксенофонтов. - М.: Знание, 1991. - 40 с.
3. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды / Г.А. Роев. – М.: Недра, 1993. – 297 с.
4. Яковлев С.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий: учеб. для вузов / С.В. Яковлев., Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; под ред. Яковлева С.В. - м.: Стройиздат, 1990. - 511 с.

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

В.А. Рерих, Ю.А. Панферова, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

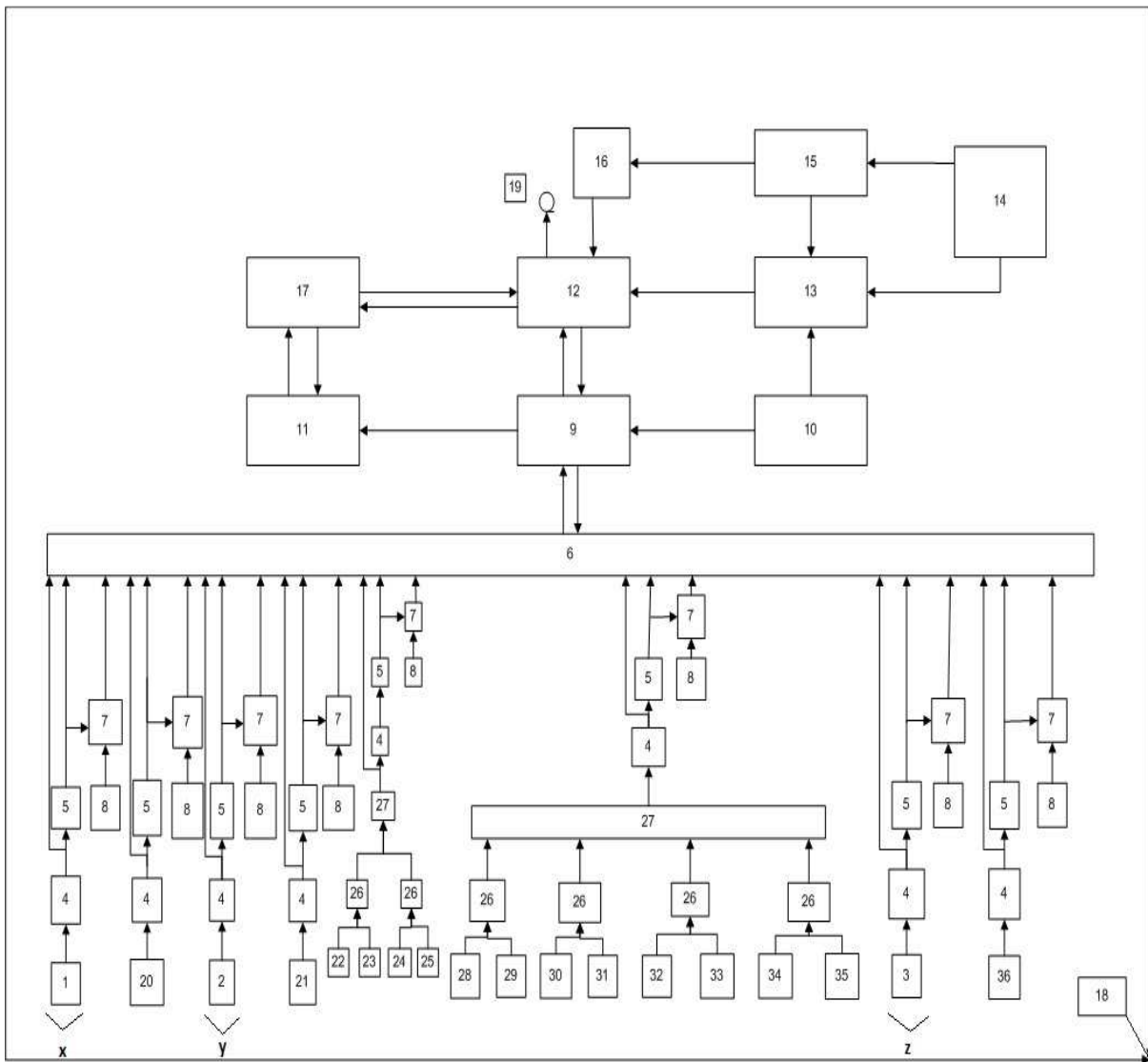
На работника в производственной среде воздействует множество факторов: таких как, температура, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление движения воздуха, концентрации токсичных газов, эффект суммации вредных веществ, шум, освещенность и уровень вибрации. Условия труда влияют на продолжительность жизни, трудоспособность человека, а также непосредственно на результат труда.

В настоящее время стало очень важным поддерживать оптимальные условия труда на производстве. Для этого были созданы устройства дистанционного контроля параметров производственной среды. Однако данные системы контроля не давали в полной мере информации о воздействии вредных и опасных веществ на человека, которые обладают эффектом суммации. Такими веществами являются ацетон, фенол, этилен, пропилен, бутилен и амилен [1].

В результате была разработана усовершенствованная система автоматизированного контроля параметров окружающей среды, которая включает в себя датчики измерения атмосферного давления – барометр и виброметр, который предназначен для контроля и регистрации виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты синусоидальных колебаний различных объектов, для контроля эффекта суммации однонаправленного действия таких веществ, как ацетона и фенола; этилена, пропилена, бутилена, амилена введены датчики ПДК для каждого из веществ.

Структурная схема системы автоматизированного контроля параметров окружающей среды приведена на рисунке.

Перед тем, как метеорологические датчики, датчики экологического мониторинга и датчики измерения показателей производственной среды проводят замеры по каждому из производственных факторов, происходит подача сигнала на блок питания 10. С помощью интеграторов 4, которые отходят от каждого датчика, происходит преобразование и суммирование первичного сигнала. Затем полученная информация передается на преобразователи 5 и блок измерения 6. Благодаря применению интегрирования стало возможным установление дозы воздействия измеряемого вредного фактора. С преобразователя 5 информация передается на блок измерения 6 и блок сравнения 7. Для сравнения полученных значений с предельно допустимыми по каждому из параметров в систему включен задатчик 8, который соединен с блоком сравнения 7. Использование в системе задатчика 8 позволяет уловить превышения по показателям каждого из датчиков 1, 2, 3, 20 - 36. Также как и с преобразователя 5, сигнал с блока сравнения 7 поступает на блок измерения 6.



Система автоматизированного контроля параметров окружающей среды, где:

1-Метеорологические датчики; 2- Датчики экологического мониторинга; 3-Датчики измерения показателей производственной среды; 4-Интегратор; 5-Преобразователь; 6-Блок измерения; 7- Блок сравнения; 8-Задатчик; 9-Блок сопряжения; 10-Блок питания; 11- Блок управления режимами и входом-выходом; 12-Блок управления и связи; 13-Блок питания; 14- Батарея дополнительного источника питания; 15-Буфер питания; 16-Энергонезависимая память; 17-Блок ввода-вывода; 18-Энергонезависимые устройства; 19-Модем сотовой связи и антенна; 20-Барометр; 21- Оптический датчик для измерения взвешенных веществ; 22-Датчик измерения концентрации ацетона; 23-Датчик ПДК ацетона; 24-Датчик измерения концентрации фенола; 25-Датчик ПДК фенола; 26-Делитель; 27-Сумматор концентрации; 28-Датчик измерения концентрации этилена; 29-Задатчик ПДК этилена; 30-Датчик измерения концентрации пропилена; 31-Датчик ПДК пропилена; 32-Датчик измерения концентрации бутилена; 33-Датчик ПДК бутилена; 34-Датчик измерения концентрации амилена; 35-Датчик ПДК амилена; 36-Виброметр

С блока измерения 6 все значения параметров с датчиков 1, 2, 3, 20 - 36 переходят на блок сопряжения 9. Блок сопряжения 9 перенаправляет информацию на блок управления и связи 12, где происходит хранение в памяти и передача с применением линии связи на блок ввода-вывода 17. Передача с блока ввода-вывода 12 возможна также на центральный диспетчерский пункт, где изначально датчики 28-35 перенаправляют значения на блок делителя, а затем на блок сумматора концентраций для веществ однонаправленного действия. С

помощью блока управления режимами 11 с применением блока ввода-вывода 17 или за счет сигнала с центрального диспетчерского пункта происходит задание режима проведения замеров. За создание запаса энергии в буфере питания 15 отвечает источник питания 14, обеспечивающий энергонезависимую память 16 требуемой энергией в случае аварийного сохранения. Для отслеживания состояния батарей основного 10 и дополнительного блока питания 14 в систему включен монитор питания 13. Информация с блока питания 13 через блок управления и связи 12 передается на блок ввода-вывода 17 и центральный диспетчерский пункт. В случае если поступает сигнал о нехватке питания на блоке питания 10, на мониторе питания 13 вырабатывается управляющая команда для блока управления режимами 11.

При поступлении управляющего сигнала на вход блока управления режимами 11, включается алгоритм экстренной записи информации из основной памяти в энергонезависимую, позволяющую работать буферу питания 15. От буфера питания 15 зависит работоспособность таких блоков, как блок управления и связи 12, блок ввода-вывода 17, блок управления режимами 11. При поступлении сигнала о нехватке питания информация передается на блок ввода-вывода 17, а затем на центральный диспетчерский пункт. Использование такого алгоритма дает возможность защитить систему от потерь данных.

При подаче запроса на блок ввода-вывода 17 или на центральный диспетчерский пункт, информация через блок управления и связи 12 перенаправляется на место, откуда подавался запрос. С помощью автоматизированного рабочего места на центральном диспетчерском пункте устанавливаются воздействия на блок ввода-вывода 17. Помимо этого там происходит сохранение информации и контроль всех действий, которые протекают на производственном участке с установленном на нем каждого из N устройств 18.

В зависимости от необходимых замеров факторов окружающей среды, система контроля может комплектоваться различными датчиками.

Датчики контроля веществ в воздухе, обладающих эффектом суммации, позволяют замерять суммарную концентрацию таких веществ, как ацетон и фенол; этилен и пропилен; бутилен и амилен. Опасность воздействия данных веществ на организм человека состоит в том, что действие этих веществ в паре приводит к наиболее серьезным последствиям на органы человека, чем воздействие одного вещества из пары веществ, но при большей концентрации. Задатчики ПДК по каждому из вредных веществ позволяют сравнить полученные значения концентраций с установленными нормами.

Датчик измерения вибрации позволяет следить за частотой и скоростью вибрации в производственном помещении. Данное устройство реагирует на входные колебания и фиксирует их [3]. Основным источником вибрации на производстве может служить большое оборудование или машины. Вибрация оказывает негативное влияние на организм человека, действует на центральную нервную систему и приводит к вибрационной болезни [1].

Таким образом, предложенная система позволит контролировать превышение предельно-допустимых концентраций в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны, производить измерения параметров вибрации и величину

атмосферного давления, путем внедрения новых модулей в систему автоматизированного контроля параметров окружающей среды.

### Список литературы:

1. *Беляков Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учебник для бакалавров / Г.И. Беляков. - М.: Юрайт, 2012. - 572 с.*
2. *Заявка на патент №2017138739 от 07.11.2017 г.*
3. *<http://vibrometer-vp.ru/datchik-vibracii.html>*

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В.М. Артюхов

Тульский государственный университет,  
г. Тула

За последние годы сфера приложения геоинформационного моделирования стала очень широкой. В частности, геоинформационные технологии и методы стали одним из основных инструментов при проведении изысканий в области организации строительства, в оценке и мониторинге состояния инженерной, организационно-технологической и комплексной организационной подготовки строительства.

Географическая информационная система (Geographic Information System, GIS. ГИС) – это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, обработку, математико-картографическое моделирование и образное интегрированное представление пространственных и соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления.

Такие системы базируются на интеграции функциональных возможностей, обеспечиваемых общими технологиями информационных систем, специфическими методами моделирования пространственно-временных данных и управления такими данными, методами анализа и визуализации на основе использования карт, технологиями автоматизации проектирования, статистического анализа и экспертных систем [1].

Исследование принципиальных возможностей, пограничных областей знаний и технологий, обобщение опыта, первые крупные проекты и теоретические работы относятся к периоду конца 50-х начала 70-х годов. Бурное распространение геоинформационных технологий привело к тому, что сегодня на российском рынке поставкой технологий и программного обеспечения занимается более 100 различных организаций и компаний.

По функциональным возможностям можно выделить несколько классов программного обеспечения:

- *инструментальные ГИС*. Предназначены для самых разнообразных задач: организации ввода информации (как картографической, так и атрибутивной). Ее хранения (в том числе и распределенного, поддерживающего сетевую работу), отработки сложных информационных запросов, решения



пространственных аналитических задач (коридоры, окружения, сетевые задачи и др.), построения производных карт и схем (оверлейные операции), подготовки к выводу на твердый носитель оригинал-макетов картографической и схематической продукции;

- *справочные картографические системы.* Сочетают в себе хранение и большинство возможных видов визуализации пространственно распределенной информации, содержат механизмы запросов по картографической и атрибутивной информации, но при этом существенно ограничивают возможности пользователя по дополнению встроенных баз данных.

- *средства пространственного моделирования.* Используются для моделирования пространственных распределений различных параметров (рельефа, зон экологического загрязнения, участков затопления при строительстве плотин и другие).

- *средства обработки и дешифрирования данных зондирования.* Пакеты обработки изображений, снабженные математическим аппаратом, позволяющим проводить операции со сканированными или записанными в цифровой форме снимками поверхности земли. Это довольно широкий набор операций, начиная со всех видов коррекций (оптической, геометрической) через географическую привязку снимков вплоть до обработки стереопар с выдачей результата в виде актуализированного топоплана.

- *векторизаторы растровых картографических изображений.* Применяются при обработке отсканированных растровых картографических изображений, снабжаются инструментарием автоматического или полуавтоматического распознавания условных картографических обозначений и способствуют увеличению точности и производительности труда при вводе цифровой основы.

По модели геоданных различают два основных вида - *векторные и растровые.*

В векторных моделях данные о геометрических образах (точках, линиях, полигонах) географических объектов (дороги, реки, территории и т.д.) представляются в форме совокупностей координат точек пространства. Векторные модели широко используются - они имеют компактную структуру, качественную графику, а наличие топологических связей позволяет представлять различного рода отношения между объектами (близость, пересечение, примыкание и другие).

В растровых моделях географические модели представляются в форме упорядоченного множества пространственных ячеек некоторой сетки, аппроксимирующего размещенный в ней реальный образ этого объекта. Плюсами модели являются наличие эффективных оверлейных операций, простая структура, возможность работы со сложными структурами [2].

Наряду с двумерными представлениями пространственных данных применяется также и трехмерное их представление.

Существует также другие классификации ГИС:

- *по территориальному охвату* (планетарные, общенациональные, региональные, муниципальные);

- *по целям* (многоцелевые, специализированные, в том числе информационно – справочные, инвентаризационные, для нужд планирования, управления);

- *по тематической ориентации* (общегеографические, отраслевые, в том числе водных ресурсов, использования земель, лесопользования, туризма, рекреации и другие).

Имеющийся инструментарий ГИС ориентирован на различные аппаратно программные платформы. В этой области особенно хорошо оснащена платформа персональных компьютеров.

Из наиболее популярных геоинформационных систем следует отметить такие разработки как AutoCAD, PC Arc/Info, GeoDraw/GeaGraph, MapInfo, ГИС-ПАРК, Procart, GeoCad.

Исходя из функционала и особенностей современных геоинформационных систем, перечислим основные преимущества использования специализированной ГИС для строительства:

- консолидация всей пространственной информации о территории деятельности градостроительного комплекса в едином хранилище (карты, планы, фото, чертежи, измерения и т.п.);

- сбор, обработка и консолидация всей изыскательской и проектной документации в едином хранилище;

- предоставление проектировщикам единой актуальной картографической основы и доступа к проектным решениям других проектных организаций через web-интерфейс;

- возможность мониторинга истории изменений материалов проектирования;

- обеспечение возможности моделирования и сравнительного анализа различных вариантов реализации проектов;

- предоставление информации о ходе проекта и результатах работ контролирующим организациям;

- обеспечение информационного взаимодействия с системами управления активами строительной компании, а также с государственными и муниципальными информационными сервисами и службами.

Отметим ряд основных задач, решаемых ГИС в интересах строительной отрасли:

- выбор участка под застройку с учётом всех необходимых параметров (удалённость от промышленных зон, характеристика почвы и глубина залегания грунтовых вод, точные границы административных районов, состояние и параметры рынка недвижимости на прилегающих территориях и т.д.);

- планирование размещения объектов распределённой социальной инфраструктуры в районе застройки с учётом уже имеющейся инфраструктуры прилегающих территорий;

- расчёты объёмов земельных работ, необходимых стройматериалов;

- проектирование инженерных и энергетических сетей района застройки с учётом рельефа местности и характеристик грунта;

- планирование транспортной сети в районе застройки, основных и вспомогательных маршрутов движения маршрутных транспортных средств;

- определение и оптимизация требуемого количества техники, сил и средств для выполнения строительных работ;
- определение ближайших поставщиков строительных и отделочных материалов, специализированных организаций, предоставляющих инженерные и другие необходимые в процессе строительства услуги;
- расчёт наиболее подходящих маршрутов доставки строительных материалов с целью сокращения сроков и минимизации стоимости доставки.

Таким образом, прикладные ГИС помогают эффективно решать большую часть общих для строительной отрасли задач.

В настоящее время, при ускоряющемся темпе развития технологий в мире, ГИС системы, в которых содержится огромное количество информации, незаменимы. Эти системы позволяют учесть большую часть факторов, влияющих на строительство, тем самым сделать процесс строительства менее трудо- и времязатратным.

### Список литературы

1. Журкин И.Г. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: Кудиц-пресс, 2009.
2. Иванников А.Д. Геоинформатика / А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов [и др.]. - М.: МАКС Пресс, 2001. - 349 с.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ГИДРОСТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

М.Г. Никитин

Тульский государственный университет,  
г. Тула

На сегодняшний день в строительстве подземных сооружений, ведении открытых горных работ и т.д. в неустойчивых горных породах используются известные способы, позволяющие повысить прочность и устойчивость горных пород, а также частично или полностью устранить приток воды.

Между тем, в последнее время на рынке машиностроительной техники, главным образом за рубежом (Япония, Италия и Англия), появилось большое количество оборудования, использующего для закрепления в основном грунтов способ гидроструйной цементации (ГСЦ) при строительстве оснований и фундаментов, возведении свай и т.д. Сущность ГСЦ горных пород заключается в использовании кинетической энергии высокоскоростной суспензионной водоцементной струи, погруженной в породный массив и вращающейся в плоскости перпендикулярной оси предварительно пробуриваемой до проектной отметки скважины с одновременным перемещением вдоль этой оси обратным ходом до следующей проектной отметки без создания в массиве избыточного давления. В результате разрушения и перемешивания горной породы суспензионной струей формируется закрепленный породный массив цилиндрической формы заданной длины, состоящий из нового материала — породобетона [1].

Закрепление грунтов – искусственное изменение (физико-химическими методами) параметров грунтов для различных целей их дальнейшего использования в условиях естественного залегания. В результате закрепления грунтов: увеличивается несущая способность грунтов, повышается прочность, водонепроницаемость, сопротивление размыву.

Основные традиционные способы закрепления грунтов: глинизация, битумизация, силикатизация, смолизация, методы электрохимического или термического воздействия, искусственное замораживание, кессонный способ, водопонижение. Каждый из данных методов имеет ряд преимуществ и недостатков, которые ограничивают область применения [2].

В настоящее время разработаны новые методы закрепления горных пород, которые являются результатом развития уже существующих технологий.

*Метод «Множество точек впрыска» (Super Multiple points inject).* Суть метода состоит в ведении большого количества форсунок (от десятков до сотен) в землю и подачи растворы в эти точки с оптимальными значениями давления и расхода. Этот метод характеризуется идеальной проникающей способностью и высокой эффективностью закрепления массива породы.

*Сухой струйный способ смешивания (Dry Jet Mixing method)* использует смесительные лопатки для смеси сухих реагентов, таких как цемент и известь, с грунтом на месте, с целью повышения прочности и уменьшения сжимаемости мягких почв. Для этого метода используется высокотехнологичная автоматическая система контроля, которая обеспечивает непрерывный и точный учет типа почвы, скорости перемешивания, глубины проникновения и изъятия лопаток, скорость вращения и скорость нагнетания реагентов.

*Двухступенчатая система закрепления грунтов (Dual-tube Double Packer Grouting System).* Суть технологии состоит во внедрении двух различных материалов в грунт. Как правило, земля состоит из чередующихся слоев, состоящих из частиц различных размеров и проницаемости. Такая система закрепления грунтов обеспечивает однородную зону стабилизации грунтов.

*Технология перекрещивающихся струй (X-Jet grouting)* – это метод, который используется для разрушения горной породы и последующего создания колонн диаметром от 2 до 2,5 метров, путем фокусировки водовоздушного потока выходящего из насадок, направленных под определенным углом, в точке пересечения, обычно лежащей на расстоянии одного метра от выходных отверстий. Главное преимущество перекрестной струйной технологии состоит в возможности ее использования в особо сложных грунтах, таких как илистые глины, сильно обводненные глины, где использование других методов воздействия на почвы, не приносит видимых результатов.

В настоящее время высокая изученность свойств получаемого грунтобетона дает возможность прогнозировать прочность закрепляемого массива. После изучения существующей технологической схемы закрепления грунтов методом ГСЦ и последующего анализа практических результатов встает вопрос о необходимости ее оптимизации в целях снижения материальных и физических затрат на строительные работы.

Анализ на стадии проектирования позволяет совершенствовать технологическую схему горнопроходческих работ, уменьшить материальные затраты и оптимизировать сроки работ. Использование грунтобетона вместо железобетонных в качестве материала для закрепления грунтового массива позволяет значительно снизить себестоимость проходки выработок в неблагоприятных с инженерной точки зрения условиях.

### **Список литературы**

1. Головин К.А., Сапронов И.В. *Современные методы закрепления неустойчивых горных пород / Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 10. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. - С. 152-158.*

2. Величко Д.В., Дронов А.Н., Терешин А.А. *Моделирование подземной горной выработки в закрепленном грунтобетонном массиве / Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. - Т. 18. - №1. - 2017. - С. 144-148.*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗМОВ ЧАСТНО-ГОСУДАРСТВЕННОГО ПАРТНЕРСТВА В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ**

М.С. Бодня<sup>1</sup>, В.Н. Алексеев<sup>2</sup>, Т.В. Кастерина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Астрахань

<sup>2</sup> Чурапчинский государственный институт физкультуры и спорта,  
с. Чурапча, р. Саха (Якутия)

<sup>3</sup> Астраханский государственный политехнический колледж,  
г. Астрахань

В случае обращения с отходами, одной из эффективных форм государственно-частного партнерства может стать концессия, т.е. долгосрочная форма осуществления инвестиций, основанная на разрешении исключительно государством эксплуатации возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов, а также осуществления иных видов хозяйственной деятельности на условиях долгосрочной аренды [1]. Рассматривая концессию применительно к сфере обращения с отходами, можно предположить, что максимальная ее эффективность будет достигаться не только при заключении концессионного договора на эксплуатацию объектов недропользования, но и на объекты инфраструктуры, функционирующие в сфере обращения с отходами. В данном случае, передача инфраструктурных объектов должна осуществляться по принципу максимально эффективного управления рисками. Например, полигоны по захоронению отходов, перерабатывающие предприятия, а также организация сбора и доставки отходов к месту обезвреживания могут быть переданы частным лицам. Государственные же структуры могут взять на себя вопросы нормативно-

правового регулирования, стимулирования деятельности по обращению с отходами (льготное кредитование, страхование объектов инфраструктуры и т.д.).

Так же, как показывает практика, наиболее эффективны концессии с участием иностранных компаний. Так, в Удмуртии построено современное предприятие по переработке биологических отходов, которое входит в немецкий концерн «RETHMANN». Производственная мощность данного предприятия составляет 115 тысяч тонн непищевого сырья животного происхождения в кормовой, технический жир, а также мясо-костную муку, ежегодно. В настоящее время предприятие работает на 40 % от проектной мощности, перерабатывая сырье из ближайших регионов Приволжского федерального округа [2]. Другим удачным примером, из этой же серии является концессия по реконструкции очистных сооружений в Санкт-Петербурге с участием ряда скандинавских компаний. Тем не менее, все эти проекты были реализованы с огромными сложностями, при наличии достаточно мощной политической воли.

Принятые поправки в законодательство об отходах и намеченная на ближайшее время реформа в сфере обращения с ТКО, как-то, привлечение региональных операторов по ТКО, разработка и принятие региональных схем обращения с ТКО даст мощный импульс строительству и обустройству новых полигонов по захоронению отходов, сортировочных мощностей, пунктов временного хранения и заводов по переработке. Последнему обстоятельству немало способствуют нормы, которые вступят в силу с 2018 года по запрету размещения на полигонах отходов, содержащих полезные компоненты. Безусловно, уже сейчас за всеми преимуществами, можно выделить и ряд недоработок. А именно, установленный тариф на услуги регионального оператора уже включает компонент за сбор мусора. А это лишает граждан самостоятельно организовывать отдельный сбор мусора, так как будет теряться экономический стимул как у граждан, микропредприятий, так и у волонтерских организаций. Это негативно сказывается на развитии конкуренции, рынка труда, а также на становлении экологического сознания у подрастающего поколения. Тем не менее, опыт Финляндии показывает насколько важно предусмотреть альтернативу сбора мусора в пользу третьего лица. Целая группа предприятий для лиц с ограниченными возможностями на специальных складах восстанавливают товарный вид и свойства одежды, обуви, предметов интерьера, заново вовлекая их в хозяйственный оборот [3].

Показателен также опыт Норвегии, в частности в г. Осло только 6 % отходов доходит до санитарных полигонов, а остальные 94 % подвергаются различной переработке. Расположение пунктов отдельного сбора отходов в шаговой доступности, позволяет вовлечь практически все местные домохозяйства в процесс отдельного сбора и сортировки мусора [4]. Безусловно, крупнотоннажные твердые коммунальные отходы и опасные отходы, подвергаются переработке на специализированных станциях или сжигаются с рекуперацией энергии. Однако ведущая роль в процессе утилизации мусора принадлежит муниципалитетам, которые в свою очередь реализуют меры поддержки малого предпринимательства в сфере обращения с отходами.

Правильно выстроенная система обращения с отходами, позволяет не только решить проблему с мусором, но и компаниям операторам процессов

обработки отходов извлекать существенную прибыль. В этом смысле показателен пример Швеции, которая импортирует отходы из других государств. Ряд шведских компании добровольно поддержали эту инициативу по вовлечению широких слоев населения в переработку отходов. Так, например, компания H & M начала принимать бывшую в употреблении одежду от клиентов в обмен на купоны со скидками. На заводе по переработке отходов Optibag, разработали машину, которая может отделить цветные мусорные мешки друг от друга. Люди бросают еду в зеленый мешок, бумагу в красный, а стекло или металл в следующий. Таким образом, удалось устранить сортировочные станции. В южном шведском городе Хельсингборг на баки для вторсырья даже установлены музыкальные плееры, которые играют приятную музыку – все это во имя переработки [5].

Таким образом, подводя итоги краткому обзору состояния проблемы в России и зарубежом, можно сделать следующие выводы:

1) Другой эффективной альтернативы решению проблемы ТКО в России, кроме как активное внедрение механизмов частно-государственного партнерства не существует. Несмотря, на ограниченное практикоприменение количество проектов будет возрастать, планомерно будут снижаться административные барьеры и повышаться качество сопровождение проектов со стороны государственных институтов. Тем не менее, сохраняются политические риски и ограничения доступа к зарубежным финансовым ресурсам. В тоже время, это дает шанс отечественным компаниям освоить новые рыночные ниши.

2) Изменения в федеральный закон «Об отходах производства и потребления» в части введения института региональных операторов уже дает импульс развитию частно-государственного партнерства в деле обращения с ТКО, дальнейшее ужесточение требований к размещению отходов на санитарных полигонах, еще больше расширит перечень направления взаимодействия государства и бизнеса. Потому что, возникнет потребность в создании большого количества производственных мощностей по извлечению полезных компонентов из ТКО и последующей их транспортировке и/или переработке. Таким образом, у региональных операторов появится необходимость к привлечению заемных средств для обустройства соответствующей инфраструктуры.

3) Помимо проектов с компаниями-региональными операторами, необходимо на уровне муниципалитетов осуществлять государственную поддержку мелкого и среднего бизнеса по приему от населения ряда отходов: мебели, одежды, бумаги, стеклотары, пластиковых бутылок. Субсидирование процентных ставок по кредитам при приобретении вендинговых аппаратов по приему мусора, закупки мусорных прессов и специальной техники.

4) На начальном этапе развития проектов частно-государственного партнерства в деле решения проблемы ТКО необходимо активное привлечение иностранных компаний. Это необходимо, так как именно эти компании, обладают технологическими решениями и финансовыми ресурсами для запуска высокотехнологичных производств по переработке отходов и рекультивации существующих мусорных полигонов.

Наиболее выгодные, на наш взгляд, направления для инвестирования

проекты:

- А) Производство аппаратных комплексов для получения биогаза;
- Б) Строительство санитарных полигонов для размещения отходов;
- В) Производство оборудования мусоросортировочных комплексов;
- Г) Разработка биоразлагаемой упаковки пищевой продукции;
- Д) Производство мини-установок для переработки пластика;
- Е) Рекультивация существующих мусорных полигонов.

Реализация проектов частно-государственного партнерства в сфере обращения с отходами не должна ограничиваться льготными условиями для компаний операторов по предоставлению земельных участков и предоставления иных льгот, в рамках концессионных соглашений. Необходимо также развивать конкуренцию, создавая возможности для развития экологического предпринимательства. В противном случае, для населения будет повышаться тарифное давление при практически полном отсутствии экономических стимулов по сокращению образования коммунальных отходов.

### Список литературы

1. Стариков Н.В. *Шерше ля нефть. Почему наш стабилизационный фонд находится там?* – СПб.: Питер, 2009. – 272 с.:ил.
2. Элдесбаев Э.Н., Петрова И.В., Котельникова Е.А. *Анализ современных направлений обращения с биологическими отходами в системе экономики природопользования // Управление экономическими системами. Электронный журнал. - №3. - 2015.*
3. Шабалов М.Ю. *Метод и методика построения портрета системы обращения с муниципальными твердыми отходами Управление экономическими системами. Электронный журнал. - №3. - 2015.*
4. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. *Экономика природопользования: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 142 с.*
5. *Как Швеция сделала революцию в переработке*//[https://rodovid.me/razdelnyi\\_sbor\\_musora/kak-shveciya-sdelala-revolyuciyu-v-pererabotke.html](https://rodovid.me/razdelnyi_sbor_musora/kak-shveciya-sdelala-revolyuciyu-v-pererabotke.html).  
Публикация от 12.05.2015.Режим доступа свободный.

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ КАК ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Т.Ф. Тарасова, М.С. Огурцов  
Оренбургский государственный университет,  
г. Оренбург

Машиностроение – это отрасль промышленности, уровень развития которой в значительной степени определяет техническую оснащенность всех отраслей экономики и обороноспособность страны [1].

Объекты машиностроительного комплекса чаще всего размещаются в крупных центрах, так как для успешной деятельности данная отрасль нуждается в обеспечении своих объектов топливно-энергетическими ресурсами, металлами,



водными ресурсами, рабочей силой и транспортными сетями. Развитая инфраструктура крупных городов и наличие других сопутствующих производств позволяют предприятиям машиностроения получать для своего развития все нужные для производства ресурсы [2].

В то же время предприятия машиностроительного комплекса при производстве продукции используют технологические процессы, в которых применяются вредные вещества, оказывающие негативное влияние на все компоненты окружающей природной среды [3].

Так, по валовому выбросу вредных веществ в атмосферу доля машиностроительного комплекса составляет около 6 % выбросов в атмосферу всей промышленностью России. Предприятия машиностроения выбрасывают в воздушный бассейн разнообразные загрязнения: пыль различного химического и гранулометрических составов, аэрозоли, газообразные вещества – сернистый ангидрид, оксид углерода, оксиды азота, сероводород, соединения фтора и другие [4].

Нами проведена экологическая оценка деятельности АО «Механический завод», который входит в число крупных предприятий Оренбургской области.

АО «Механический завод» является крупным источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Основными источниками выбросов в атмосферу на предприятии являются: литейные, кузнечнопрессовые, термические, гальванические, сварочные и покрасочные цеха, цеха механической обработки, пайки и лужения, полигон промышленных отходов.

Установлено, что на предприятии имеется 44 источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, из них 33 организованных и 11 неорганизованных источников.

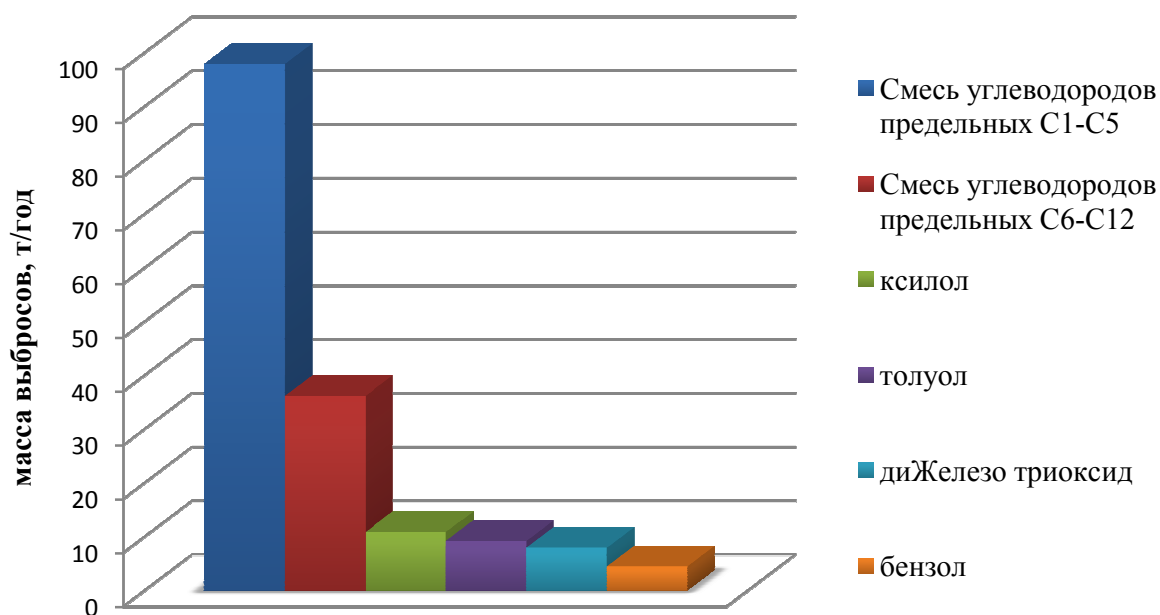
Образующиеся выбросы поступают в атмосферу преимущественно через организованные источники, которые представлены дымовыми и вентиляционными трубами и аэрационными фонарями.

Анализ данных качественного и количественного составов выбросов предприятия показал, что приоритетными по массе являются смесь предельных углеводородов C1-C5, на долю которых приходится 49,92 % всех выбросов, формирующихся в результате производственной деятельности, смесь предельных углеводородов C6-C12 – 18,46 % и ксилол – 5,56 % (рисунок).

Основным источником загрязнения воздушного бассейна на предприятии АО «Механический завод» является полигон промышленных отходов.

На полигоне промышленных отходов АО «Механический завод» ведется прием, как собственных отходов предприятия, так и сторонних организаций. На полигон поступают жидкие промышленные отходы, содержащие остатки нефтепродуктов, и взвешенные вещества, к числу которых можно отнести всплывающую пленку локальных очистных сооружений, отработанную эмульсию и другие.

При этом в выбросах полигона промышленных отходов доля веществ первого и второго классов опасности не превышает 3 %, а на вещества третьего и четвертого классов опасности приходится соответственно 34,23 % и 62,77 %.



Ранжирование загрязняющих веществ по массе выбросов

Нами проведено исследование категории веществ, содержащихся в выбросах предприятия, а также категории опасности производственных подразделений АО «Механический завод».

Категория опасности вещества – это показатель, оценивающий объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов  $i$ -того вещества над территорией предприятия до уровня ПДК

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

Расчёт категории опасности предприятия, в зависимости от массы и видо-вого состава, выбрасываемых в атмосферу вредных веществ производится по формуле:

$$КОП = \sum_{j=1}^n КОВ = \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i},$$

- где  $M_i$  - масса выброса  $i$ -го вещества, т/год;  
 $ПДК_i$  - среднесуточная предельно-допустимая концентрация  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup> ;  
 $\alpha_i$  - безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества по сравнению с вредностью диоксида серы;  
 $n$  - количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферу.

Исходя из значения категории опасности, все предприятия делятся на четыре класса опасности [5]:

Анализ расчетных данных показал, что категория опасности исследуемого предприятия составляет  $32,35 \times 10^4$  м<sup>3</sup>/с. Поэтому предприятие АО «Механический

завод» относится ко 2 категории опасности, то есть к категории высоко опасных предприятий.

#### Категории опасности предприятия

Категории опасности	Значение КОП, м <sup>3</sup> /с
1 - чрезвычайно опасное предприятие	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
2 - высоко опасное предприятие	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
3 - умеренно опасное предприятие	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
4 - малоопасное предприятие	$\leq 31,7 \cdot 10^3$

АО «Механический завод» обеспечивает снижение отрицательного воздействия на окружающую среду при эксплуатации объектов комплексом технических, технологических и организационных мероприятий. Своевременно осуществляется контроль воздушной среды на промышленных объектах и прилегающей территории, проводится реконструкция и модернизация установок очистки газа, герметизация технологического и транспортного оборудования.

#### Список литературы

1. Матвеев А.Н. Оценка воздействия на окружающую среду / А.Н. Матвеев, В.П. Самусенок, А.Л. Юрьев. - Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2007. - 179 с.
2. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды / А.Н. Голицын. - М.: Издательство Оникс, 2007. - 336 с.
3. Метечко Л.Б. Кластерная стратегия экоинновационного развития машиностроительной отрасли / Л.Б. Метечко, А.Е. Сорокин. - СТИН, 2017. - № 10. - С. 27-30.
4. Кулагина Т.А. Промышленная экология /Т.А. Кулагина, Е.П. Грищенко, Л.Н. Горбунова, В.П. Кутузова, Е.А. Рыбникова. – Красноярск, 2007. - 222 с.
5. Иванова Н.А. Оценка экологичности технологических процессов на основе их интегрального экологического показателя / Н.А. Иванова, С.А. Рябов, Л.Э. Шварцбург. - Вестник машиностроения, 2015. - № 9. - С. 36-38.

## УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

В.А. Азарова

Тульский государственный университет,  
г.Тула

Отработанные кислоты и щелочи относятся к производственным отходам II класса опасности и представляют большую экологическую проблему. Количество таких отходов представляют десятки тысяч тонн.

В 2016 году распоряжением правительства РФ от 02.06.2016 №1082-р утвержден план мероприятий, посвященный ликвидации промышленных и бытовых отходов. Также данная проблема была отмечена в Перечне поручений Президента РФ по итогам заседания президиума Госсовета от 13.10.17 г. В соответствии с данными документами для утилизации различных видов отходов

необходимо ужесточить меры административной ответственности за деятельность связанную с обращением с отходами I и II класса опасности.

Сегодня существует два способа утилизации отработанных кислот и щелочей:

- Нейтрализация химической активности;
- Регенерация для повторного использования.

Для работы современных производств необходимы различные виды кислот как органические так и неорганические. На химических предприятиях данные соединения после переработки направляют на вторичное производство. Органические кислоты нейтрализуют с помощью щелочей, превращая их в соль. Не маловажное внимание предприятия уделяют утилизации производственных сточных вод, содержащие органические кислоты. Это необходимо для уменьшения нагрузки на водоочистные сооружения города.

Однако проблемой остается утилизация неорганических кислот, которые являются побочным продуктом многих предприятий. К таким продуктам относится серная кислота  $H_2SO_4$ , соляная кислота  $HCl$ , азотная кислота  $HNO_3$ , фосфорная кислота  $H_3PO_4$ , борная кислота  $H_3BO_3$  и др. Всего на предприятиях ежегодно образуется свыше миллиона тонн кислот, которые нужно утилизировать.

В настоящее время наиболее распространен огневой метод регенерации отработанных кислот. В результате, которого из экологически опасного отхода получается высококачественный товарный продукт. Использование огневого метода при регенерации серной кислоты снижает расходы природного сырья по сравнению с затратами на ее производство из первичного сырья.

В металлургической промышленности неорганические кислоты используют для травления металлов. В результате образуются травильные растворы, содержащие отработанные кислоты и соли. Образовавшийся сульфат железа нейтрализуют известью, а затем полученный осадок гидроксида железа термически разлагают в печах, получается оксид железа-это готовый продукт, который применяется в производстве[1]. Второй продукт нейтрализации гипс, который используют в строительстве.

Отработанные травильные растворы соляной и азотной кислот, нейтрализуют путем фильтрации через мел, доломит или известняк. Этот метод наиболее прост и образующиеся соли после него хорошо растворяются в воде.

Значительное количество кислот также содержат кислые гудроны-основные отходы нефтеперерабатывающих предприятий, образующиеся от очистки нефтепродуктов. Они представляют собой высокотоксичные и вязкие массы, содержащие тяжелые углеводороды, серную кислоту и воду.[2]

Методы регенерации кислых гудронов разнообразны. К ним относится термическое разложение, выделение органических примесей, коагулирование, выпаривание, адсорбция. Процесс утилизации сточных вод контролируется уровнем pH.

Также на предприятиях в процессе работы образуются не только отработанные кислоты, но и отработанные щелочи, которые подвергаются утилизации. Щелочные отходы образуются в металлургии, производстве бытовой химии, целлюлозно-бумажной промышленности и др.

Наиболее используемый в металлургии вид щелочи это NaOH и KOH. Утилизация щелочей в основном осуществляется методом нейтрализации, при котором в щелочные растворы добавляют кислоты, и образуется соль.

Метод регенерации состоит из упаривания и сжигания черных щелоков. В результате, которого после регенерации возвращается химический реагент - гидроксид натрия.[3]

Исходя из выше сказанного, можно сказать, что самым простым методом утилизации является нейтрализация. Однако полностью универсальной технологии утилизации кислот и щелочей сейчас не существует и для каждого предприятия необходимо выбирать свой метод утилизации кислотных или щелочных отходов.

### Список литературы

1. Василенко И.А. Получение красного железистоокислительного пигмента на основе отработанных травильных растворов // Путь науки. - 2015. - №1. - С30-31.

2. Проценко Т.А., Туяхов А.И. Огневая нейтрализация промышленных стоков газовой промышленности // Деп.Рукопись. №90-Ук.2003.

3. ИТС 1-2015. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. – М.: Бюро НДС, 2015. – 465 с.

## КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОСЕЛКА ЛАЗАРЕВО ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Башкирова, Р.А. Башкиров, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

В настоящее время большая часть очистных сооружений по Тульской области не соответствует экологическим требованиям, они морально и физически устарели, помимо этого ежегодно увеличивается степень их загруженности, что тоже приводит к быстрому выходу из строя основных блоков.

Одно из таких очистных устройств продолжительное время обслуживало поселок Лазарево Щекинского района, причем недостаточно очищенные канализационные стоки сливались в реку Невежа, воды которой через реку Солова доходят до реки Упа. В 2012 году данная конструкция вследствие изношенности оборудования, а также частых неисправностей в работе подлежала демонтажу.

В настоящее время построены новые конвекционные очистные сооружения, включающие в себя следующие основные устройства: решетки, песколовки, отстойники, циркуляционные окислительные каналы и другие сооружения. Поэтому, для проверки эффективности работы вновь введенных в эксплуатацию систем очистки были проведены лабораторные исследования. Для этого произведен отбор проб, согласно межгосударственному ГОСТу 31861-2012 «Вода. Общие требования отбора проб по стандарту». В водоемах с умеренным и

замедленным темпами водообмена один створ для забора проб устанавливают в неподверженной загрязнению части водоема, другой совмещают со створом сброса сточных вод. Остальные створы проходят параллельно, по обе стороны от створа сброса сточных вод (не менее двух – на расстоянии 0,5 км ниже места сброса сточных вод и непосредственно перед местом сброса). Затем были осуществлены лабораторные исследования отобранных образцов по следующим направлениям:

#### 1. Цветность воды.

Цветность – одно из качеств воды, обуславливающее наличие гуминовых веществ и комплексных соединений железа в ее составе. Приемлемая цветность позволяет устранить определенные загрязнители, предельно допустимые концентрации которых установлены по шкале определяющей цветность.

В данном эксперименте метод определения рассматриваемого показателя основан на визуальном сравнении отбора проб воды со шкалой цветности. В пробирку наливается образец воды и к ней прикладывается лист белой бумаги, затем отпечаток пробы сравнивается с наиболее подходящей окраской хром-кобальтовой шкалы. Согласно требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 показатель пригодной воды должен быть в пределах 20 см рассматриваемой шкалы. Если вода имеет окрас, значит, в ней содержится органические вещества (прежде всего гуминовых и фульвовых кислот), железо и другие металлы, которые могут присутствовать, как естественные примеси.

#### 2. Запах воды.

Запах воды говорит о присутствии в ее составе летучих пахнущих веществ. Их попадание в воду происходит как естественным путем, так и в составе промывных вод. Наибольшее влияние на запах воды оказывают следующие факторы: содержащиеся в ее составе вещества, температура, величина водородного показателя, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д. Как правило, запах определяют при нормальной или повышенной температуре (20 °С или 60 °С соответственно).

В данном опыте пробу воды нагревали до 50-60 °С. После нагрева, образующиеся пары следует слегка подгонять ладонью в свою сторону и, неглубоко вдыхая воздух, определяется интенсивность запаха.

#### 3. Водородный показатель (pH).

Представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе:  $pH = -\lg[H^+]$ . Другими словами это водородный показатель, количественно выражающий кислотность испытуемого раствора.

Для определения водородного показателя воды требуется pH-индикаторная бумага, которая опускается в каждый испытуемый образец с водой на 1-2 сек., затем спустя 15 сек. снимается результат.

Нормальный диапазон pH для поверхностных водных систем составляет 6,5-8,5. Величина pH природной воды определяется соотношением концентраций гидрокарбонат-анионов и свободного CO<sub>2</sub>.

#### 4. Растворенный кислород.

Для оценки санитарно-экологического состояния определяющее значение имеет уровень кислорода, растворенного в воде, характеризующий кислородный режим водоема. Для обеспечения жизнедеятельности гидробионтов наличие

кислорода в водной среде должно поддерживаться на необходимом уровне. Также он участвует в процессе самоочищения водоемов, т.к. оказывает влияние на окисление органических и других примесей, разложение отмерших организмов.

Определение состоит в окислении растворенным в воде кислородом  $Mn(OH)_2$  до  $Mn(OH)_4$ . Реакция среды в пробирке должна быть щелочная. Далее раствор подкисляется и в пробу добавляется  $KI$ . Выделившийся йод титруется тиосульфатом натрия.

В поверхностных водах значение содержания растворенного кислорода может достигать 14 мг/л, которое подвергается ежедневным и сезонным колебаниям. В особо загрязненных органическими соединениями водных средах отмечается значительный дефицит кислорода. Падение концентрации растворенного кислорода до 2 мг/л способно вызвать массовую гибель гидробионтов.

#### 5. Окисляемость воды (Органические примеси).

Под окисляемостью воды понимается количество присутствующих в ней окисляющихся неорганических соединений ( $Fe^{2+}$ , сульфитов, нитритов,  $H_2S$  и др.). Окисляемость – важный показатель степени загрязнения воды органическими примесями. В данном опыте рассматривается методика определения перманганатной окисляемости воды. Сущность которого состоит в окислении присутствующих в пробе веществ раствором перманганата калия ( $KMnO_4$ ) с концентрацией 0,01 моль/л экв. при кипячении в сернокислой среде в течение 10 мин. Диапазон определяемых методом Кубеля значений перманганатной окисляемости – от 0,5 мгО/л до 10 мгО/л.

#### 6. Жесткость воды.

Жесткость воды характеризуется наличием солей кальция и магния (бикарбонатов, карбонатов, хлоридов, сернокислых и др.). Для этого опыта исследуемые пробы соединяются с индикатором (метилоранж), после чего эталонный образец переставляется на белый фон, а вторая пробирку титруется раствором соляной кислоты до появления оранжево-красного оттенка. После проведения расчета необходимого количества соляной кислоты, можно определить временную жесткость воды.

Результаты проведенных лабораторных исследований приведены в таблице.

Результаты лабораторных исследований

Показатели воды	Речная вода до очистных сооружений	Речная вода после очистных сооружений
Цветность	Мутная, коричнево-зеленая	Желтая
Запах	Отчетливый канализационный	Без запаха
Водородный показатель (Ph)	5,5 (кислая среда)	9 (щелочная среда)
Растворенный кислород	3,8 мг/л	10,7 мг/л
Органические примеси	2,3 мгО/л	9,8 мгО/л
Жесткость	6 мг/л (накипь отсутствует)	12,7 мг/л (накипь присутствует)

Исходя из полученных результатов видно, что эффективность очистки достаточно высокая, но фиксируется наличие превышений предельно допустимых концентраций органических элементов, железа, солей магния и кальция. Поэтому, необходимо скорректировать работу очистных сооружений (в частности отрегулировать этап биологической очистки). Также следует обеспечивать своевременную замену, обслуживание и ремонт оборудования.

### Список литературы

1. Лотош В.Е. Экология природопользования / В.Е. Лотош. – Екатеринбург, 2001. – 523 с.
2. Сокольский Ю.М. Очистка вод / Ю.М. Сокольский. – М.: Хим., 1986. – 258с.
3. Шуваева О.В. Современное состояние и проблемы элементарного анализа вод различной природы / О.В. Шуваева. – Новосибирск, 1996. – 59с.

## **ВНЕДРЕНИЕ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ В СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

М.А. Башкирова, А. Быстрова, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Образование мембранных установок вызвано необходимостью модернизации технологических процессов очистных сооружений промышленных сточных вод, связанной с изменением их первичного состава и улучшения их качества, а также привлечение к ответственности за несоблюдение установленных правил в области эксплуатации механизмов очистки. В настоящее время мембранная очистка стоков считается одной из самых передовых и динамично развивающихся технологий. Данная установка обеспечивает эффективную производительность очистного сооружения благодаря использованию полупроницаемых специализированных мембран и перегородок, которые отделяют фильтрат и подлежащий очищению раствор. Сквозь перегородку проходят определённые соединения, при этом остальные компоненты стоков остаются по другую сторону мембраны. Основным и главным отличием мембранного способа от действующих методов фильтрования, является разделение общего потока на продукты не влияющих на рабочую поверхность фильтра по причине отсутствия осаждения.

Мембрана, выполненная из синтетического материала, является главной деталью конструкции мембранного модуля. Фильтрация воды от примесей осуществляется с помощью специальных отверстий на поверхности мембраны, которые принято называть «поры». Диаметр этих «пор» меньше диаметра пропускаемых частиц, поэтому загрязнения остаются на поверхности мембраны, а фильтрованная вода поступает на следующий этап очистки. В мембранном модуле предусматривается тангенциальная система перемещения, при которой часть воды протекает через фильтр на очистку, а другая часть удаляет



загрязнение с фильтрующей поверхности.

Полезная эффективность и производительность мембранного фильтра зависит от следующих параметров: площадь рабочей зоны; давление; температура входящего потока; толщина мембраны; уровень загрязненности.

В промышленных очистных установках для удаления ионов сложных металлов используют установки с нано-фильтрационными мембранами, их селективность достигает 95-99,8 % (размер пор от 0,001 до 0,02 микрометра). Очистка основана в комбинации с методом обратного осмоса, который заключается в фильтровании под давлением растворов солей, находящихся в молекулярно-растворенном состоянии, через полупроницаемую мембрану, пропускающую растворитель и задерживающие полностью или частично ионы растворенных веществ. Как правило, в воде, очищенной мембранами, концентрация металлов не превышает 0,3 мг на литр, в результате работы мембранной установки они концентрируются в виде гелеобразной массы.

На рисунке 1 представлена схема мембранного устройства для очистки сточных вод.

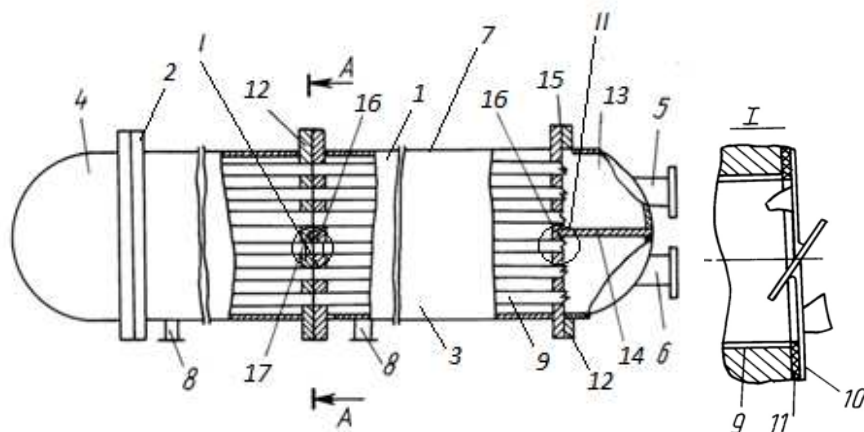


Рис. 1 Схема мембранного фильтра

Устройство мембранного фильтра представляет собой аппарат с модулями соединенными между собой последовательно 1, соединенными трубными досками 2. На концах боковых модулей 3 располагаются крышки 4 с патрубками для введения первичного раствора 5 и выведения концентрата 6. Независимый модуль 1 закреплен в корпусе 7, расположенного между трубными досками 2. На поверхности корпуса имеется патрубок для вывода фильтрата 8. Трубные доски 2 содержат специальные отверстия с установленной в них мембраной, которая представляет собой несколько пористых металлических трубок 9. Между трубными досками расположены прокладки 10, с перфорированными пластинами 11, существуют отверстия с гнутыми бортиками, образующимися лепестками со скошенными краями, загнутыми в винтовую линию. Между трубными досками 12 вставлена обособленная прокладка, с каналами для перетекания жидкости по трубкам. Крышка 13 имеет перегородки 14, которые делят поверхность крышки на части. Перегородок 14 может быть несколько. Трубные доски 15 снабжены пазами 16, с перегородкой 14. Трубные доски 12 изготовлены с пазами 16, в которых размещены перегородки 17 для снижения трудоемкости сборки.

Принцип работы мембранного устройства следующий:

Первоначальный состав сточных вод под избыточным давлением через патрубок 5 подается в аппарат, равномерно распределяется по сечению аппарата и поступает в первый по ходу движения жидкости мембранный модуль 3. Часть жидкости, проходя по внутренней поверхности металлической пористой трубки 9, подвергается воздействию лепестков со скошенными краями, загнутыми в винтовую линию, которые приобретают вращательное движение, с помощью которых интенсивно омывают внутреннюю поверхность трубки, тем самым уменьшая концентрационную поляризацию и образование твердых отложений на поверхности. Основное ядро жидкостного потока не входит в соприкосновение с пластиной 10, что не вызывает значительного роста гидравлического сопротивления аппарата. В конце металлических пористых трубок 9 вращательное движение жидкости у поверхности мембран затухает. Жидкость прокачивается в следующий модуль 1. При выходе поверхностных слоев жидкости в пористые металлические трубки 9 модуля 1 они попадают в паз, образованный боковинами трубных досок 12 и прокладкой, где происходит их интенсивное перемешивание за счет отрыва слоев жидкости от поверхности мембраны. Часть жидкости при этом перетекает по каналам, из одной трубки в другую. Пройдя последний модуль, сконцентрированная жидкость выводится из аппарата через патрубок 6. При движении потока по металлическим пористым трубкам часть подаваемой жидкости продавливается через поры мембраны, попадает на внешнюю поверхность трубки, стекает далее в нижнюю часть корпуса 7 и через патрубок 8 выводится из аппарата.

Основные характеристики процесса фильтрации через мембрану

Процесс фильтрации	Нано- фильтрация	Обратный осмос	Ультра- фильтрация
Размер пор, мкм	0,0001	<0,0001	0,001-0,01
Размер удаляемых молекул, дальтон	300-1000	100-300	2000-100000
Рабочее давление, бар	3,5-20	15-70	1,5-7
Удаление органических веществ	Да	Да	Да
Удаление неорганических веществ	20-85%	95-99%	Нет
Химический состав воды	Изменяется	Изменяется	Не изменяется
Энергопотребление			низкое (0,1 - 0,2кВтч/м <sup>3</sup> )
Стойкость мембраны	Умеренная	Умеренная	Высокая

Основные достоинства мембранных фильтров перед другими системами очистки: очищение воды без осаждения загрязнений на фильтре; фильтрация стоков при температуре окружающей среды; высокое качество очистки; компактные размеры; простота и удобство эксплуатации; обезжиривание сточных вод.

Недостатки мембранных фильтров: ухудшение селективности и проницаемости перегородки за счет скопления концентрата загрязнений; высокая стоимость.

Производством промышленных мембранных фильтров занимаются следующие компании: «SartoriusStedimBiotech», «НПП МЕДИАНА-ЭКО», «NEROX», «Завод Мембранных Технологий ЛИТРИ», «Ультра-Фильтр» и др.

Принцип работы промышленного очистного сооружения с внедренной мембранной установкой следующий:

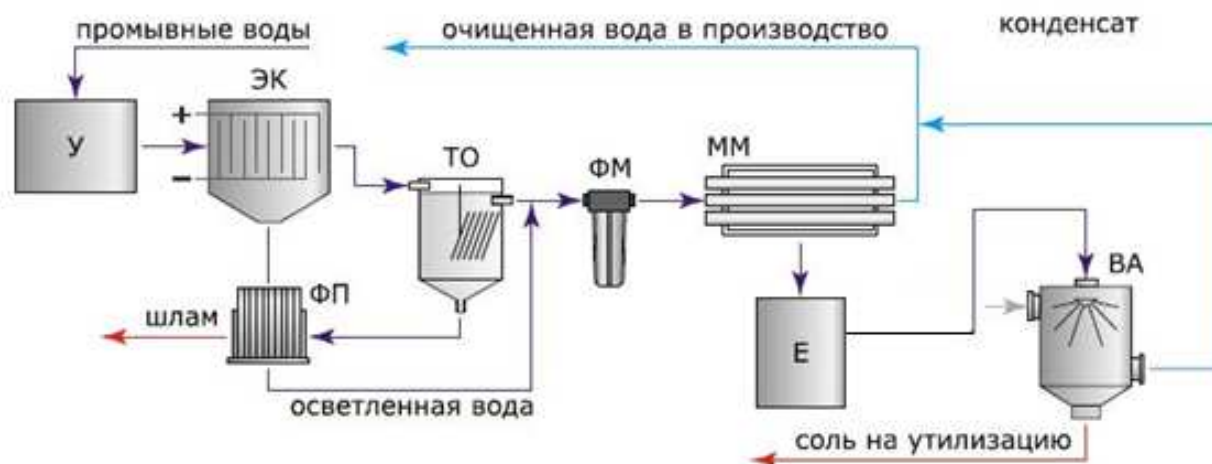


Рис. 2. Технологическая схема очистки стоков с внедрением мембранного фильтра.

У – усреднитель, ЭК – узел электрокоагуляции или реакгентной обработки, ТО – отстойник с тонкослойным модулем, ФП – узел обезвоживания осадка, ФМ – фильтр механический, ММ – обратноосмотический мембранный модуль, ВА – узел выпаривания, Е – емкость для сбора концентрата

Загрязненные промывные воды гальванического производства поступают в емкость (У), где осуществляется усреднение стоков по концентрации, затем сточные воды подаются в узел электрокоагуляции, в котором проходят процесс реакгентной обработки с добавлением щелочи или кислоты, в зависимости исходного рН стока, а также с добавлением коагулянта и последующей отстаиванием в отстойнике с тонкослойным модулем (ТО). В результате образуются гидроксиды металлов, которые улавливаются механическим фильтром (ФМ). В том случае, если остаточные концентрации ионов тяжелых металлов превышают нормативные значения, то очищенные сточные воды подаются на обратно-осмотический мембранный модуль, где происходит доочистка и удаление остаточных тяжелых металлов. Пермеат (очищенная вода) после процесса обратного осмоса подается в производство. Образующийся осадок (шлам) из отстойника, подается в узел обезвоживания осадка. Образующийся концентрат в обратно-осмотическом мембранном модуле поступает в емкость сбора концентрата (Е) и далее на узел выпаривания, где происходит образование конденсата (очищенная вода) и сухих солей (шлам).

Преимущества внедрения мембранного модуля в систему очистного сооружения состоят в следующем:

1. Глубокая очистка промывных вод до нормированных показателей. Снижение концентрации солей тяжелых металлов в сточных водах до 98%.
2. Повышение повторного использования воды в производстве до 95 %.

3. Повышение устойчивости работы очистного сооружения к залповым сбросам токсичных веществ.

4. Автоматизация работы и снижение использования дополнительных систем очистки (насосы, воздухоудувные механизмы), в связи с этим снижение потребляемой энергии.

### **Список литературы**

1. Алексеев Л.В. Автоматизация проектирования фильтров / Л.В. Алексеев. - М.: 1998. – 83-85 с.

2. Чижов А.П. Мембранные металлические конструкции / А.П. Чижов. - С.-Пб.: 1999. – 56-57 с.

3. Русанов Е.С. Мембраны в химических процессах / Е.С. Русанов. - М.: 1997. – 112-114 с.

## **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТНЫМ СООРУЖЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ**

М.А. Башкирова, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Производственный процесс подразумевает осуществление большого количества технологических операций, образуя при этом значительный объем сточных вод. Для предотвращения загрязнения гидросферы, необходимо производить очистку данных стоков. Принцип данного исследования состоит в модернизации систем автоматизации, регулирования, контроля и мониторинга работы очистных сооружений с целью предотвращения и профилактики аварийных ситуаций.

В настоящее время, при работе промышленного предприятия существует риск возникновения аварийной ситуации, включающей в себя залповые выбросы и сбросы загрязняющих веществ в водные объекты или на поверхность земли, которые создают угрозу для здоровья человека и окружающей среды. Поэтому, для предупреждения аварийной ситуации, широко используются системы контроля и мониторинга.

На сегодняшний день, одними из наиболее токсичных источников загрязнения являются сточные воды гальванического производства. Их состав многокомпонентный, но основными его составляющими являются концентрированные растворы, промывные воды и соли тяжелых металлов, концентрация которых может изменяться в достаточно широких пределах за непродолжительный период.

Проектируемые системы очистки промстоков являются многостадийными и достаточно сложными в исполнении, что увеличивает риск возникновения аварийных ситуаций. Поэтому для нормальной эксплуатации очистных сооружений необходима, организация надлежащего ухода за ними и постоянного

контроля со стороны эксплуатирующего персонала за ходом технологического процесса. Отсутствие контроля может привести к вероятности возникновения неэффективной очистки промстока. В виду этого данное исследование и разработка состоит в создании универсального технического решения регулирования работы очистных сооружений и подбора приборно-аппаратной базы.

Важным мероприятием в данном направлении является внедрение автоматизированных систем. Основные функции мониторинга: непрерывное наблюдение за концентрациями химически опасных веществ на производственном цикле; оповещение при достижении значений выше предельно допустимых концентраций опасных веществ в воде; автодиагностика системы; диагностика степени угрозы; расчет параметров определяющих распространение нарушений, а также вывод цифровых и графических отчетов экран монитора в диспетчерском пункте; передача информации о рабочем состоянии системы на расстоянии.

Во избежание возникновения чрезвычайной ситуации при очистке стоков с применением данной запатентованной технологической схемы предлагаются универсальные системы регулировки, отвечающие за управление процессами очистки, в зависимости от исходных компонентов. Мониторинг и контроль этими процессами осуществляются с помощью вычислительного комплекса, работающего в режиме автоматического управления, который базируется на использовании производственных анализаторов. Основной их задачей является осуществление непрерывного контроля над соблюдением водно-химического режима, т.е. обнаружение ожидаемых веществ, подтверждение их идентичности и измерение концентрации. Это необходимо для поддержания защиты окружающей среды или защиты оборудования от поломки. Показания приборов выводятся на электронное табло и фиксируются компьютерами. В случае нарушения водно-химического режима срабатывает технологическая защита, и опасность загрязнения моментально ликвидируется.

Качественный контроль процесса и оптимизированное управление им начинается с обеспечения на очистной установке обычной и аварийной сигнализации. Обычная сигнализация фиксирует работу и остановку агрегатов и сооружений, нормальный ход процессов очистки. Аварийная сигнализация указывает на повреждения оборудования, на недопустимый состав поступающих стоков и другие неполадки, которые необходимо устранить, чтобы предотвратить аварию.

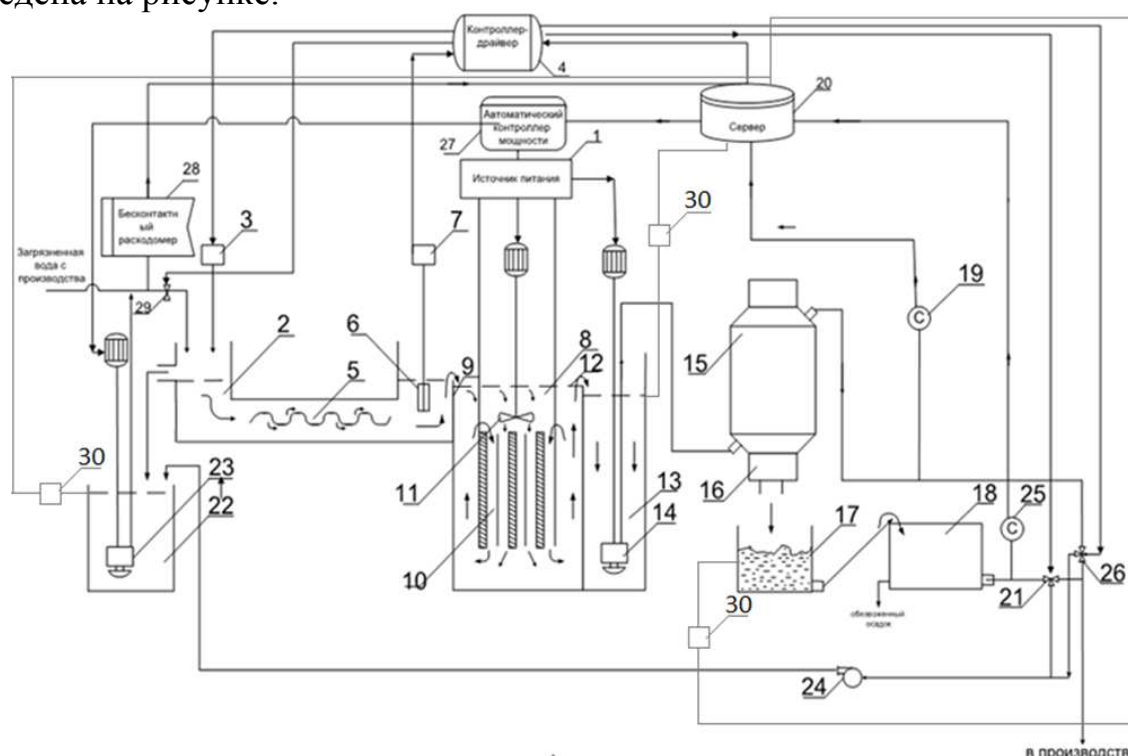
Для обеспечения защиты как поверхностных, так и подземных горизонтов питьевого назначения была разработана универсальная технологическая схема очистки сложного, многокомпонентного состава ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ) стоков (Патент № 2278824 Российская Федерация, «Устройство для очистки промышленных стоков»).

Однако, для контроля и предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций в процессе работы, данная схема требовала улучшения и внедрения автоматизированной, энергосберегающей системы управления.

В результате была разработана усовершенствованная автоматизированная система мониторинга и контроля, которая регулирует работу предложенной

установки замкнутой очистки многокомпонентных промышленных стоков от тяжелых металлов с 5%-ной подпиткой чистой водой. Причем контрольные приборы осуществляют контроль за качеством очистки сточных вод, а также регулируют подачу реагентов и работу всей установки в целом.

Принципиальная технологическая схема устройства для очистки стоков приведена на рисунке.



Технологическая схема очистки стоков

Промывная вода от технологической установки подается в приемную камеру 2 и туда же поступает с помощью дозатора реагента 3 соответствующий реагент, который смешивается с протекающей водой в статическом смесителе 5, на выходе из которого расположена камера для измерения рН и солей 6 с установленным над ней датчиком иономера универсального 7, измеряющим рН раствора и содержание тех или иных солей в нем; данные с него поступают на контроллер-драйвер 4, а с него в свою очередь, на дозатор реагента 3. Приготовленный таким образом раствор попадает в камеру 8, переливаясь через верхнюю кромку стенки 9. Лопастная мешалка 11, работающая от источника питания 1, многократно прокачивает раствор в межэлектродном пространстве электро-коагулятора 10, где происходит образование хлопьев, содержащих загрязняющие вещества. Образовавшаяся пульпа через верхнюю кромку переливной смежной стенки 12 попадает в камеру 13, откуда она насосом высокого давления 14 попадает в фильтр-сгуститель непрерывного действия 15, где она освобождается от взвеси. Отделенный от воды осадок из фильтра-сгустителя через устройство 16 удаления сгущенного осадка выводится в приемную емкость для влажного осадка 17 и далее транспортной лентой подается на пресс-фильтр 18. С помощью автоматического контроллера мощности регулируется мощность насосов 14, 24, 23 и мешалки 11, а энергию получают от источника питания 1.

Обработанная вода из фильтра-сгустителя непрерывного действия 15

контролируется измерителем концентрации примесей тяжелых металлов 19, далее подается сигнал на сервер 20, сравнивающий текущее содержание с заданным и в соответствии с отклонением формирует команду исполнительному механизму регулирующего клапана 26.

Вода после механического обезвоживания влажного осадка на пресс-фильтре 18 контролируется измерителем концентрации примесей тяжелых металлов 25, далее подается сигнал на сервер 20, который сравнивает текущие значения концентраций примесей тяжелых металлов с заданными значениями и в соответствии с отклонением формирует команду исполнительному механизму регулирующего клапана 21.

Вода, не соответствующая заданному качеству после фильтра-сгустителя непрерывного действия 15 и пресс-фильтра 18 насосом 24 подается в резервуар-накопитель 22 и далее насосом 23 на повторный цикл очистки. Для предотвращения перелива из емкостей 13, 17, 22 предусмотрена установка датчика уровня воды 30, который решает задачи коммутации звуковых или световых сигналов, отключения насосов или электромагнитных клапанов.

Вода, качественный и количественный состав которой соответствует заданным значениям повторно используется в технологическом процессе. Во избежание разного рода неполадок и переливов в системе установлен бесконтактный расходомер 28, информация с которого поступает на сервер 20, который в свою очередь дает команды через контроллер-драйвер 4 на клапан 29 для увеличения или уменьшения расхода. Весь процесс очистки происходит под мониторингом компьютера в реальном времени без прямого участия человека.

Данное устройство выполнено по блочно-модульной схеме, которая позволяет посредством изменения ее конфигурации адаптировать систему очистки к конкретному составу промышленных стоков и качеству подземных вод.

Внедрение предлагаемой автоматизированной технологической схемы очистки сточных вод обеспечит не только предотвращение возникновения чрезвычайных ситуаций, но и снизит экономические затраты как за счет оптимизации стоимости оборудования, так и за счет введения систем регулирования и контроля.

Преимущество данной установки над подобными блочно-модульными системами:

1. Эффективность очистки становится регулируемой величиной и находится под управлением сервера.
2. Управление циклом доочистки отличается тем, что все происходит централизованно и с использованием одного универсального многоканального солемера, а не нескольких, что значительно снижает стоимость установки.
3. Управление всеми процессами происходит в реальном времени, с высокой скоростью и полностью автоматически.

### **Список литературы**

*1. Бирюков Б.В. Точные измерения расхода жидкостей: справ. пособие / Б.В. Бирюков. - М.: Машиностроение, 1977. – 142-144 с.*



2. Бобровников Г.Н. *Бесконтактные расходомеры* / Г.Н. Бобровников, Б.М. Новожилов, В.Г. Сарафанов. - М.: Машиностроение, 1985. - 124-128 с.

3. Кулаков М. В. *Технологические измерения и приборы для химических производств: Уч. пособие для вузов* / М.В. Кулаков 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1974. - 462 с.

4. Кремлевский П.П. *Расходомеры и счетчики количества: справочник* / П.П. Кремлевский.- 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1989. – 702 с.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

А.Р. Пинчуков

Тульский государственный университет,

г. Тула

Энерго- и ресурсосбережение является генеральным направлением технической политики Российской Федерации в области строительства.

Энергосберегающая технология – новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Жилищно-коммунальный сектор является одной из наиболее энергоёмких отраслей, потребляющей около трети топливно-энергетических ресурсов страны.

В настоящее время одной из самых актуальных проблем является снижение энергопотребления жилых домов. В отопительный период на отопление государствами тратится до 40 % энергоресурсов страны, а в окружающую атмосферу выделяется большое количество углекислого газа. Это поспособствовало развитию энергосберегающих технологий. Развитие данных технологий актуально для нашей страны. Их внедрение необходимо не только для модернизации сфер ЖКХ, но и в отраслях промышленности. Все проводимые мероприятия по снижению энергозатрат позволяют в значительной степени уменьшить расходы как федерального, так и муниципального бюджетов.

Энергосбережение подразумевает под собой ряд комплексных мер в зависимости от поставленных целей. Наиболее популярными методами являются: модернизация оборудования на более современное и энергоэффективное, рекуперация, использование технологии с большим КПД, интенсивное энергосбережение, альтернативные источники энергии, строительство более энергосберегающих зданий и сооружений.

Технологии энергосбережения в строительстве должны выполняться комплексом мер, таких как: применение ограждающих конструкций зданий с лучшими теплофизическими характеристиками, энергосберегающая кровля, энергосберегающие стеклопакеты, установка систем обогрева из материалов с большей теплоотдачей. Также при строительстве нового здания, одним из наиболее популярных решений является установка индивидуального теплового пункта, вместо подключения к возможно устаревшим котельным, на которых используется дорогое и экологически грязные энергоносители.



К сожалению, в связи с тем, что энергоэффективное строительство требует несколько большие единовременные капиталовложения, многие компании инвестируют средства в строительство зданий с низким уровнем энергосбережения. Для того, чтобы разрешить данную проблему требуется стимулирование госаппаратом, например уменьшение налогообложения строительных компаний, которые занимаются возведением зданий с высокой энергоэффективностью.

Энергосберегающие технологии частично вводятся на строящихся объектах, но они не стали основой для систематизированного энергокомплекса ЖКХ. В виду малого финансирования проблема учета и регулирования расхода энергетических ресурсов на втором месте, по сравнению с ремонтом подъездов, заменой коммуникаций и тому подобных. Также рост неплатежей за энергию, несовершенство тарифной и налоговой политики являются причиной убыточности множества предприятий, что, безусловно, влияет на проведение эффективной инвестиционной политики. Как правило, на практике, повышение энергоэффективности достижимо за счет разработок и внедрений специализированных мероприятий по энергосбережению.

В нашей стране работа по энергосбережению в строительной сфере сталкивается со многими проблемами. Существенное значение играет то, что Россия пытается за несколько лет пройти тот путь, на который развитые страны затратили более 30 лет. Мероприятия по энергосбережению в строительстве являются сложным и трудоемким процессом и сталкиваются с целым рядом проблем.

Среди них можно назвать следующие – самые актуальные:

1. Федеральные законы, постановления Правительства России, необходимые подзаконные акты по данному вопросу имеют многочисленные недоработки.

2. Значительная часть региональных программ имеют неточности и необъективны из-за недостатка статистических данных, требуемых для определения показателей энергосбережения.

3. В нашей стране до сих пор нет собственной системы стандартов и строительных норм и правил, которые направлены на энергосбережение, а их разработка потребует значительных средств и времени.

4. Недоступность финансовых ресурсов, в том числе из-за высоких процентных ставок по кредитам.

5. Новые технологии, направленные на энергосбережение, сложно продвигаются из-за того, что конечный продукт, для изготовления которого они используются, становится более дорогим по сравнению с обычным.

6. Отсутствуют полноценные базы данных инновационных технологий, равно как и эффективная мотивация для их применения.

Развитие и внедрение энергосберегающих технологий должно оставаться одним из приоритетных направлений энергетического комплекса всего мира. Данные технологии, применяемые во всех сферах деятельности человека, позволяют решить большое количество экологических и экономических проблем.

## Список литературы

1. *Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ // Собрание законодательства РФ от 30 ноября 2009 г. № 48 ст. 5711.*

2. Бокун И.А. *Основы энергосбережения.* – М.: БНТУ, 2007. – 81с.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

В.А. Рерих, Ю.А. Панферова, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

В настоящее время актуален вопрос состояния атмосферы городской среды. Загрязненный воздух крайне негативно влияет на здоровье людей. Пыль, содержащая токсичные компоненты, попадает в легкие человека, в результате чего возникает вероятность развития такого заболевания, как фиброз легких (образование соединительной ткани или рубцевание легких)[4]. Кроме того, в результате воздухообмена в кровь могут попадать опасные соединения, обладающие комплексным токсичным воздействием на организм (аддитивный эффект). Наиболее опасными и распространенными являются соединения пыли.

К загрязнению воздуха приводит влияние техногенных факторов, обусловленных деятельностью человека. Основными источниками загрязнения являются:

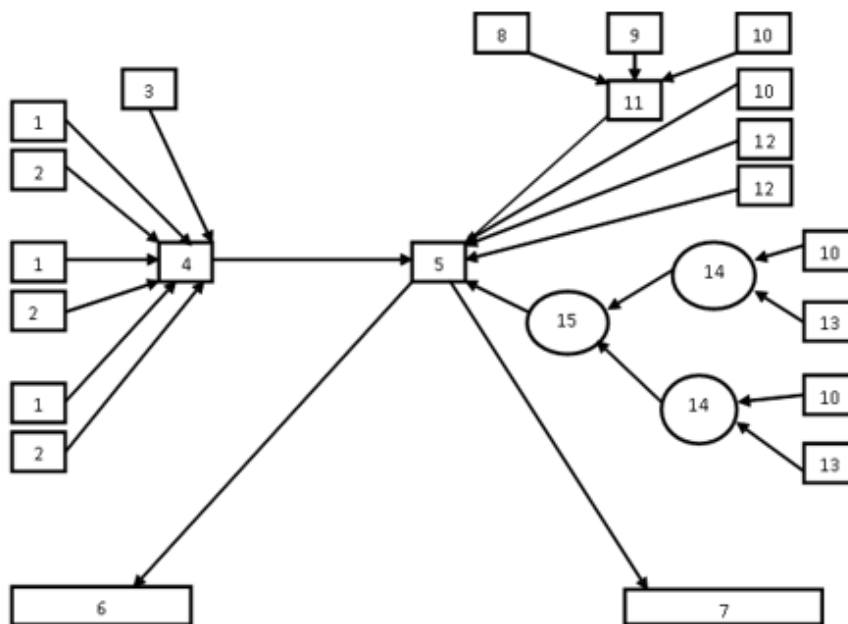
1. Промышленные предприятия. Их «вклад» в изменение состояния атмосферы РФ самый внушительный – 31617 тысяч тонн (около 55 % всех выбросов). Именно такая часть всех вредных веществ в атмосфере за 2016 год приходится на промышленность. Доля выбросов предприятий машиностроительной отрасли составляет 6 % [5]. Основные вредные вещества, выделяющиеся при работе указанной области: шестивалентный хром диоксид серы и оксид углерода, оксид азота, фенол, сернистый ангидрид, свинец и другое.

2. Автотранспорт. Насчитывается около трехсот различных загрязняющих веществ, содержащихся в выхлопах автомобилей, в том числе, оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, сажу, диоксид серы, бензопирен, керосин [6].

Ежегодно в атмосферу выбрасывается около 150 тыс. т пыли, 15862 тыс. т оксида углерода, около 4110 тыс. т оксида азота и других вредных веществ[5]. Одним из направлений улучшения окружающей среды является внедрение различных систем мониторинга или контроля.

На данный момент насчитывается около четырехсот запатентованных систем, работа которых направлена на мониторинг состояния окружающей среды. Одни ориентируются[3] на определенные вещества, другие охватывают большой спектр [2]. Часть систем определяют только состояние атмосферы, другая часть имеет в своей схеме пути локализации проблемы.

Недостатком вышеуказанных систем является ограниченный спектр возможности функционирования. Вследствие чего была разработана усовершенствованная система мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона[1]. Принципиальная схема работы системы экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона приведена на рисунке.



- 1 - датчики замеров
- 2 - датчик, улавливающий вещества, обладающие эффектом суммации
- 3 – метеостанция
- 4 – центр моделирования
- 5 - центр обработки и сравнения данных
- 6 - центр контроля работы светофоров
- 7 - телефонный пункт ЖКХ

- 8 - быстродействующие газовые датчики
- 9 - система GPS
- 10 - датчик пыли
- 11 - мобильная телефонная система
- 12 - первая группа датчиков экологического контроля
- 13 - вторая группа датчиков экологического контроля
- 14 - радиосвязь
- 15 - аппаратура городской сети

Схема системы экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона

Данное изобретение принадлежит к экологическим системам сбора и обработки информации, а также используется для проведения мониторинга атмосферного воздуха необходимой территории. Задача данной системы - повышение эффективности получения объективной информации об экологической обстановке в определенном населенном пункте, внедрение постов, направленных на локализацию загрязненности атмосферного воздуха исследуемого региона.

Принципом системы экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона является наличие первой (12) и второй группы датчиков (13) экологического контроля состояния среды, средств радиосвязи (14),

аппаратуры городской телефонной сети (15), центра обработки и сравнения данных (5), быстродействующих газовых датчиков (8) экологического контроля состояния атмосферы, системы GPS (9), мобильной телефонной системы (11), установленных на электротранспортных единицах, а также метеостанции(3), группы датчиков замеров (1) концентраций загрязняющих веществ непосредственно с источников загрязнения, центра обработки и сравнения данных (5), а также центра моделирования (4). Дополнительно в систему введены датчики, улавливающие вещества, обладающие эффектом суммации (2), датчики пыли (10), телефонный пункт ЖКХ (7) и центр контроля работы светофоров (6).

Преимуществами данной системы над другими является наличие датчиков, улавливающих вещества, обладающие эффектом суммации (2), датчиков пыли (10), телефонного пункта ЖКХ (7) и центра контроля работы светофоров (6). Аналоги данной системы не имеют такого функционала.

На предприятиях, при различных технологических процессах, происходит выделение в атмосферу многочисленных загрязняющих веществ. Некоторые из них обладают однонаправленным действием на организм – эффектом суммации. Существует несколько десятков групп суммации, в одну из которых, например, входит фенол и ацетон, а в другую аммиак, диоксид азота и диоксид серы.

Для обеспечения качественных условий жизни человека необходима воздушная среда с определенным количественным и качественным составом. Находясь на рабочем месте, человек дышит воздухом, имеющимся в производственном помещении, вне работы – атмосферным воздухом населенных мест.

Внедренный в систему датчик, улавливающий вещества, обладающие эффектом суммации (2), фиксирует вещества однонаправленного действия, после чего полученная информация поступает по одноименным проводным каналам связи в центр моделирования (4), а после уже обрабатывается и просматривается в виде карты загрязнений работниками в центре обработки и сравнения данных (5).

Таким способом можно проводить контроль работы предприятия и выбросов, поступающих в атмосферу вследствие его деятельности.

Датчики пыли (10), телефонный пункт ЖКХ (7) и центр контроля работы светофоров (6) – эти три составляющие системы были внедрены и работают как одна информационная составляющая.

Датчики пыли (10) устанавливаются на электротранспорт, также рядом с первой (12) и второй группой (13) датчиков экологического контроля состояния среды города для мониторинга концентрации пыли в атмосферном воздухе выбранной территории.

Данные с датчиков поступают в центр обработки и сравнения данных (5). После чего эту информацию получают специалисты, находящиеся в телефонном пункте ЖКХ (7) и центре контроля работы светофоров (6). Получив информацию от центра обработки и сравнения данных (5), специалист телефонного пункта ЖКХ (7) анализирует карту состояния атмосферного воздуха в отношении взвешенных веществ. Если в каких-то районах концентрация близка или превышает максимально разовую, то специалист телефонного пункта ЖКХ (7)

направляет специальную технику для снижения концентрации пыли на данной территории.

Аналогичную информацию от центра обработки и сравнения данных (5) получает специалист центра работы светофоров. Проводится анализ полученной информации и производится изменения в цикле работы светофоров, тем самым разгружая участки, имеющие самые большие концентрации пыли в воздухе.

Таким образом, данная система не только повышает эффективность получения объективной информации об экологической обстановке в промышленном регионе, но и имеет пути локализации некоторых проблем в режиме реального времени. Все эти факторы и позволяют говорить о преимуществах данной системы мониторинга атмосферного воздуха перед другими.

### **Список литературы**

1. Заявка Патент РФ № 2017147178 Система экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона, 29.12.2017.
2. Патент РФ №2331869Проведение экологического мониторинга акваторий, 12.01.2015.
3. Патент РФ №2380729Способ экологического мониторинга и охраны районов нефтегазодобычи, 09.01.2007.
4. Протасов В.Ф. Экология, охрана природы. – 2006. – 122-124.
5. Федеральная служба государственной статистики: <http://www.gks.ru/>
6. Тарасов В.В. Мониторинг атмосферного воздуха. - М., 2008. – 85-93.

## **ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ**

В.А. Рерих, Д.В. Зайцева, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

В настоящее время по-прежнему актуальной остается проблема очистки сточных вод от загрязняющих веществ до установленных нормативов. Стандартные системы механической и реагентной очистки воды уже не справляются с загрязненными сточными водами. Внедрение электрофлотации позволяет эффективно и без вреда окружающей среде очистить стоки до состояния, требуемого действующим законодательством [3].

Электрофлотатор представляет собой модульную установку, состоящего из основного корпуса, в нижней части которого размещен скребковый механизм для сбора шлама, выполненный из параллельных графитных пластинок, блока нерастворимых электродов, источника питания и зонта, служащего вытяжной вентиляцией. Применение метода электрофлотации позволяет удалить из сточных вод тяжелые металлы, СПАВ, масло, нефть или нефтепродукты, а также поверхностно – активные вещества: гидроксид меди, гидроксид никеля, гидроксид цинка, гидроксид кадмия, гидроксид хрома, гидроксид железа [1].

Схема электрофлотационной установки приведена на рисунке 1.

Модель электрофлотатора представляет собой емкость из полипропилена, в состав которого входят несколько электродных блоков. К емкости подведены входные и выходные патрубки, которые позволяют присоединить корпус к трубопроводу. Пеносборное устройство 6, расположенное в верхней части аппарата, предназначено для сбора загрязнителей с поверхности сточных вод. Электродвигатель и транспортер приводят в движение пеносборное устройство [2].

Изначально сточная вода поступает через патрубки 2 в нижнюю часть камеры для грубой очистки 1, затем проходит через перегородку 8 в камеру флотации 12, после попадает в сборник очищенной воды 11. Когда аппарат будет полностью наполнен водой, на электроды 13 начинает подаваться ток. В ходе протекания тока начинают выделяться газовые пузырьки - водород и кислород, которые поднимаясь вверх, слипаются с твердыми веществами. Образующиеся частицы на поверхности образуют пенный слой, который в последующем удаляется с помощью пеносборного устройства в камеру 5.

Очищенная вода с помощью патрубка 10 удаляется из электрофлотатора. Патрубок 4 служит для удаления пены. Для удаления выделившихся газов водорода и кислорода, предназначен вытяжной зонт, установленный над аппаратом.

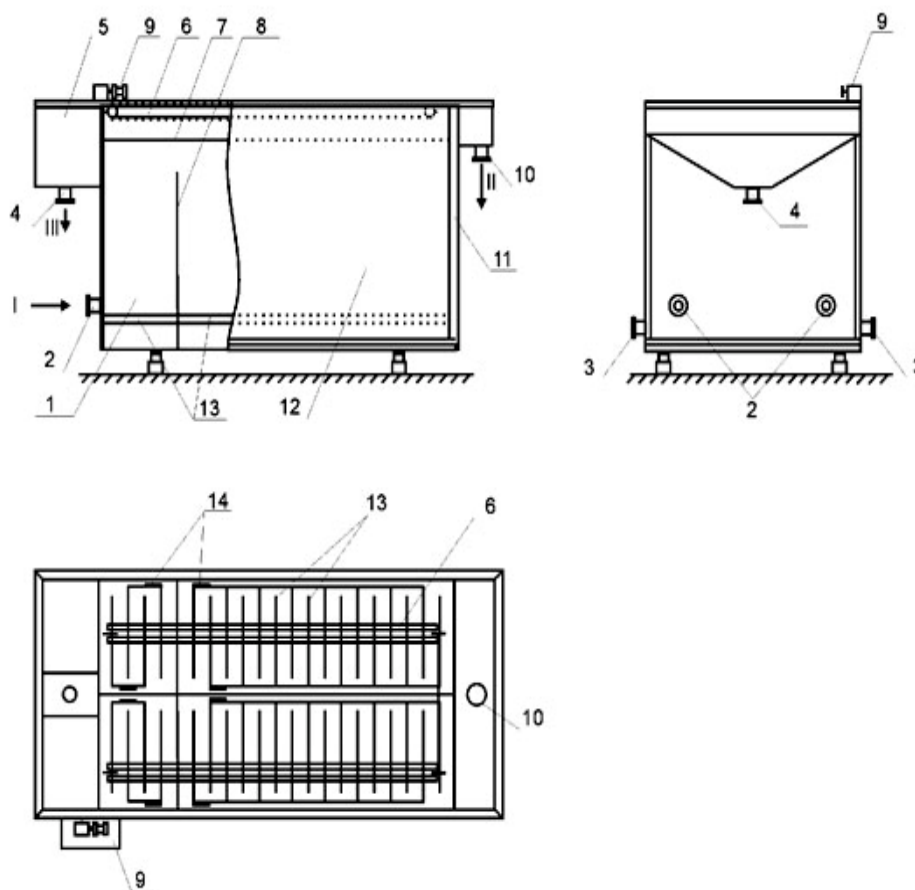


Рис. 1. Схема электрофлотатора: где

- 1 - Камера флокуляции (грубой очистки), 2 - Патрубки для подачи сточной воды,
- 3 - Патрубки для дренажа (технологического слива), 4 - Патрубок для отвода шлама,
- 5 - Камера для сбора шлама, 6 - Пеносборное устройство, 7 - Уровень воды в аппарате,
- 8 - Перегородки, 9 - Электродвигатель, 10 - Патрубок для отвода очищенной воды,
- 11 - Гидрозатвор, 12 - Камера флотации (тонкой очистки), 13 - Электродные блоки,
- 14 - Токоподводы. Поток: I - Сточная вода, II - Очищенная вода, III - Флотошлам

Для разделения воды и шлама в устройстве предназначена перегородка 2. Такое конструктивное решение позволяет применять аппарат для очищения, как общего стока, так и двух различных стоков при независимом подсоединении камер. С помощью штуцера 3 происходит слив очищенной воды в городскую канализацию либо стоки направляются для повторного использования на предприятии.

Наиболее популярная установка очистки сточных вод была сконструирована учеными Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева. Они создали модульную установку – электрофлотатор, позволяющую очищать промывные воды, используемые для технологических нужд промышленных заводов и фабрик. Технологическая схема очистки с включением электрофлотатора представлена на рисунке 2.

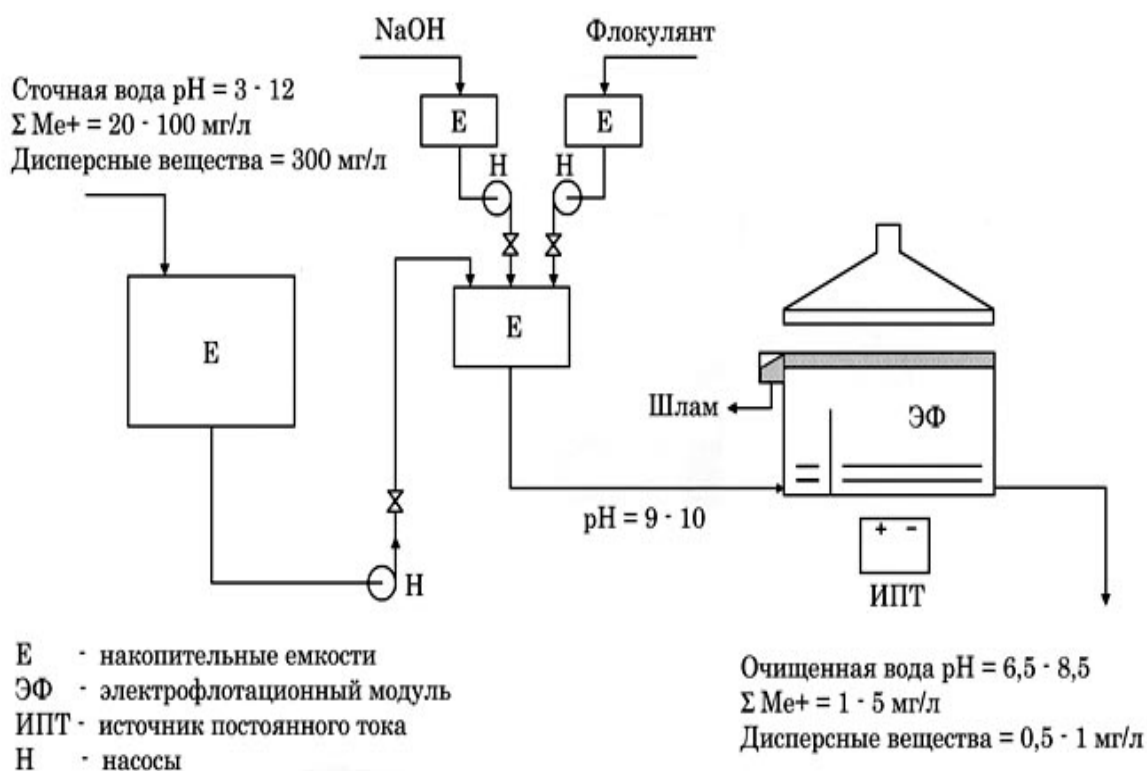


Рис. 2. Блочно-модульная система очистки воды электрофлотатором

Загрязненные сточные воды поступают в накопительные емкости, затем проходят через насосы, ведущие к накопительной емкости, в которую добавляются флокулянты и гидроксид натрия. В последующем сточная вода переходит в электрофлотационный модуль, откуда происходит удаление шлама с помощью скребкового механизма. На выходе вода, очищенная от примесей, может быть сброшена в городскую канализацию.

Применение электрофлотатора позволяет достичь высокой степени очистки по взвешенным веществам (порядка 96-98 %), снизить концентрацию взвешенных веществ и концентрацию нефтепродуктов, а также тяжелых металлов и солей в стоках от 10 мг/л до 1 мг/л.

Электрофлотатор имеет ряд преимуществ, таких как, простота в изготовлении и в обслуживании, возможность регулирования степени очистки сточных вод, а также работа в непрерывном и автоматизированном режиме.

Помимо этого электрофлотационный метод очистки сточных вод позволяет достичь высокой скорости очистки сточных вод, даже при загрязнении стоков нефтепродуктами, маслами и взвешенными частицами [2].

Наряду с достоинствами, электрофлотационный способ очистки сточных вод имеет некоторые недостатки: работать электрофлотатор будет только при наличии электричества. Помимо этого для того, чтобы добиться высокой эффективности в очистке сточных вод, требуется точная настройка электрофлотатора с целью получения пузырьков воздуха определенного диаметра [2].

Таким образом, электрофлотационный способ очистки сточных вод позволит удалить тяжелые металлы, СПАВы, масло, нефть и нефтепродукты, подготовить воду к сбросу не только в городскую канализацию, но и очистить воду для использования ее в цикле оборотного водоснабжения производства.

### **Список литературы**

1. Алексеев Л.С. *Контроль качества воды* / Л.С. Алексеев. - М.: ИНФРА, 2004. - 153 с.

2. Матов Б.М. *Электрофлотационная очистка сточных вод* / Б.М. Матов. – М.: Кишинев: Картя Малдовеняскэ, 1982. – 170 с.

3. Роев Г.А. *Очистные сооружения. Охрана окружающей среды* / Г.А. Роев. – М.: Недра, 1993. – 297 с.

## **ПЕРЕХОД НА НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Т.А. Ялхимова

Тульский государственный университет,  
г. Тула

Наилучшая доступная технология – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [1].

Правительством Российской Федерации в 2014 году принят ряд важных нормативных правовых актов [2, 3], содержащих комплекс мер по переходу на принципы НДТ и внедрение инновационных технологий.

Основные цели реализации указанного комплекса мер, Дорожной карты и норм Федерального закона состоят в модернизации действующих производств, создании отечественного современного оборудования, улучшении экологической обстановки в регионах, повышении энергетической и экологической эффективности различных отраслей промышленности, в том числе объектов электроэнергетики и, в особенности, угольных ТЭС.

Базой достижения указанных целей является разработка информационно-технического справочника в теплоэнергетике и соответствующих нормативно-технических документов на его основе.



Федеральным законом от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» внесены изменения в Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Согласно поправкам, с 1 января 2018 г. статья 67 указанного закона будет дополнена пунктами 9-10, а также будет введена статья 67.1, которые предусматривают необходимость оснащения стационарных источников на объектах I категории средствами автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и техническими средствами передачи информации о них в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга.

Постановление Правительства Российской Федерации от 28.09.2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» относит [4]:

- объекты по обеспечению электрической энергией, газом и паром с использованием оборудования (с установленной электрической мощностью 250 МВт и более при потреблении в качестве основного твердого и (или) жидкого топлива или с установленной электрической мощностью 500 МВт и более при потреблении в качестве основного газообразного топлива) к I категории;

- объекты по обеспечению электрической энергией, газом и паром с использованием оборудования (с установленной электрической мощностью менее 250 МВт при потреблении в качестве основного твердого и (или) жидкого топлива или с установленной электрической мощностью менее 500 МВт при потреблении в качестве основного газообразного топлива) ко II категории.

Проект Постановления правительства Российской Федерации «Об определении перечня стационарных источников и перечня вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих контролю посредством автоматических средств измерения и учета объема или массы выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, концентрации вредных (загрязняющих) веществ в таких выбросах, а также технических средств передачи информации об объеме или о массе таких выбросов, о концентрации вредных (загрязняющих) веществ в таких выбросах» (подготовлен Минприроды России 11.12.2015 г.) содержит Перечень стационарных источников и вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих контролю посредством автоматических средств измерения и учета объема и массы выбросов вредных (загрязняющих) в атмосферный воздух, концентрации вредных (загрязняющих) веществ в таких выбросах [5].

Предполагается, что оснащение источников приборами непрерывного контроля будет осуществляться поэтапно. С 1 января 2018 г. – в отношении производства нефтепродуктов, электроэнергии, металлургии, неметаллической минеральной продукции. С 1 января 2020 г. – в отношении производства стекла, керамзита, изделий из керамики, цемента, извести, химических веществ. С 1 января 2022 г. – в отношении производств, связанных с деятельностью по обращению с отходами и выпуском целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона.

При описании технологий производства электрической и тепловой энергии

под крупными топливосжигающими установками понимается комплекс технологического оборудования, осуществляющий полный технологический цикл энергопроизводства и включающий в свой состав следующие операции, осуществляемые на площадках энергогенерирующих предприятий:

- разгрузка топлива из транспортных средств, его хранение и подготовка к сжиганию (смешивание, очистка от мусора, дробление, нагрев, снижение или повышение давления и т.п.);

- сжигание топлива и производство электроэнергии, тепла в виде пара и (или) горячей воды с очисткой и отведением дымовых газов;

- преобразование энергии пара в электроэнергию, включая охлаждение технологического оборудования;

- водоподготовка для нужд энергообъектов, исключая водоподготовку для целей подпитки тепловых сетей;

- техническое водоснабжение энергообъекта для целей охлаждения технологического оборудования, компенсации пароводяных потерь, золошлакоудаления, прочих производственных нужд;

- обращение с отходами;

- обращение с маслами (разгрузка, хранение, очистка).

Основные нормы, требования и механизмы перехода на принципы НДТ, предусмотренные № 219-ФЗ[1]:

1) Административные

- Разделение объектов на IV категории, в зависимости от уровня воздействия на окружающую среду.

- Для объектов I категории вводится требование по выдаче/получению комплексного экологического разрешения и разработке программы повышения экологической эффективности.

- Для объектов II категории вводится требование по разработке и представлению декларации о воздействии на окружающую среду и разработке плана мероприятий по охране окружающей среды.

- Для объектов I, II и III категории вводится требование по разработке и созданию систем производственного экологического контроля (ПЭК).

- С 1 января 2019 вводится запрет на согласование проектов по строительству и реконструкции объектов, не отвечающим технологическим показателям НДТ.

- С 1 января 2020 вводится запрет на ввод объекта капитального строительства, строительство объектов, не отвечающим технологическим показателям НДТ.

2) Экономические (льготы)

- После внедрения НДТ ставка платы за загрязнение окружающей среды – 0.

- Зачет платы за негативное воздействие в счет инвестиций до 100 % в процессе внедрения НДТ и после внедрения НДТ.

- Ускоренная амортизация оборудования с использованием НДТ.

3) Экономические (санкции)

- За превышение объема или массы выбросов и сбросов загрязняющих веществ свыше технологических показателей НДТ (установленные для объектов

1 категории и указанные в декларации для объектов 2 категории ставка платы увеличивается в 100 раз.

*Основные принципы перехода на НДС в энергетике*[6]:

1. Использование единой и адекватной терминологической базы по наилучшим доступным и инновационным (перспективным, приоритетным, критическим, прорывным, подрывным) технологиям.

2. Дифференцированный подход к вновь вводимым и действующим объектам (энергоустановкам).

3. Категорирование энергообъектов в зависимости от вида сжигаемого топлива, установленной мощности, режимов работы, массы и токсичности выбросов/сбросов, а также долгосрочных планов ввода/вывода энергоустановок и социально-экономических аспектов развития регионов.

4. Использование отечественного (лицензионного) оборудования (импортозамещение) для обеспечения энергетической безопасности и технологической независимости.

5. Применение типовых проектных решений, максимальная унификация основного и вспомогательного оборудования, модульность природоохранного оборудования и соответствие его критериям надёжности энергооборудования.

6. Комплектность поставки основного и природоохранного оборудования при новом строительстве и замещении действующего оборудования.

7. Гармонизация создаваемой нормативно-правовой базы по НДС с «дорожными картами» внедрения инновационных технологий, внедрения целевой модели рынка тепловой энергии.

8. Синхронизация поэтапного перехода на НДС с формированием единого рынка электроэнергии и топлива в странах ЕАЭС.

9. Межведомственная координация работ и консолидация бюджетных и внебюджетных средств при разработке и освоении новой техники и технологий, исключение дублирования НИОКР на корпоративном уровне.

10. Учёт международного опыта, в том числе опыта ЕС, Республики Казахстан и Республики Беларусь.

К наилучшим доступным технологиям в сфере производства тепловой энергии относится внедрение автоматических систем непрерывного контроля и учета выбросов (АСНКиУВ).

Основные требования к автоматическим системам непрерывного контроля и учета выбросов изложены в Предварительном национальном стандарте ПНСТ 187-2017 «НДС. Автоматические системы непрерывного контроля и учета выбросов вредных (загрязняющих) веществ тепловых электростанций в атмосферный воздух» (утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.04.2017 г. № 2-ПНСТ).

Автоматическая система непрерывного контроля и учета вредных выбросов (АСНКиУВ) пред назначена для непрерывных (круглосуточных) инструментальных измерений и учета объема и/или массы и концентрации выбросов атмосферный воздух загрязняющих вещества дымовых газах стационарных энергетических установок ТЭС и котельных с установленной погрешностью и передачи информации об объеме и/или о массе выбросов загрязняющих веществ и о концентрации загрязняющих веществ в

Государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)[7].

Основной целью создания и эксплуатации АСНКиУВ является контроль и учет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для снижения негативного воздействия ТЭС на окружающую среду.

Основными задачами АСНКиУВ являются:

- обеспечение достоверного непрерывного инструментального контроля и учета массовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в реальных условиях эксплуатации энергетического оборудования;
- передача данных о выбросах энергетически объектов в фонд данных государственного мониторинга окружающей среды;
- контроль за соблюдением нормативов допустимых выбросов вредных веществ.

### **Список литературы**

1. *Федеральный закон от 21.07.2014 N 219-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».*

2. *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий».*

3. *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 03 июля 2014 г. № 1217-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожная карта») «Внедрение инновационных технологий и современных материалов в отраслях топливно-энергетического комплекса» на период до 2018 года».*

4. *Постановление Правительства Российской Федерации от 28.09.2015г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».*

5. *Проект Постановления правительства Российской Федерации «Об определении перечня стационарных источников и перечня вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих контролю посредством автоматических средств измерения и учета объема или массы выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, концентрации вредных (загрязняющих) веществ в таких выбросах, а также технических средств передачи информации об объеме или о массе таких выбросов, о концентрации вредных (загрязняющих) веществ в таких выбросах» (подготовлен Минприроды России 11.12.2015г.).*

6. *Предварительном национальном стандарте ПНСТ 187-2017 «НДТ. Автоматические системы непрерывного контроля и учета выбросов вредных (загрязняющих) веществ тепловых электростанций в атмосферный воздух» (утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.04.2017 г. № 2-ПНСТ).*

# АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.Н. Пушилина  
Тульский государственный университет  
г. Тула

В нашей стране на сегодняшний день насчитывается большое количество строительных объектов различного назначения. Учеными разных стран доказана связь заболеваемости населения с влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды [2], использованием в строительной отрасли некачественных и опасных по составу стройматериалов, применением продуктов питания, содержащих большое количество тяжелых металлов и канцерогенов. Поэтому, в условиях быстрыми темпами развивающейся строительной отрасли экологической безопасности строительных материалов уделяется пристальное внимание. Необходимо отметить, что безопасность строительных материалов зависит от материала, из которого они изготовлены, а также от условий их дальнейшей эксплуатации. Известно большое количество стройматериалов опасных из-за высокого содержания токсинов и примесей тяжелых металлов, которые наносят непоправимый вред человеческому здоровью. Также часто встречаются материалы, приобретающие опасные свойства при контакте с окружающей средой. Классификация экологических свойств строительных материалов представлена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация экологических свойств строительных материалов

Экологически безопасные строительные материалы создают микроклимат, который благоприятно воздействует на человека и не оказывает негативного влияния на окружающую природную среду. Они классифицируются на абсолютно экологичные и условно экологичные. К первым относятся: дерево, природный камень, хлопок, натуральная кожа, войлок, солома, бамбук, натуральные клеи, каучук, пробка, шелк и др. [3,4] Существенными недостатками таких материалов является, то, что они недостаточно выносливы и огнеупорны, являются дорогими по стоимости, тяжелы в транспортировке и др. Поэтому на современном этапе в строительстве чаще используются условно экологичные стройматериалы, которые также являются природными по составу,

достаточно безопасны для окружающей среды, но им присуще более высокие технические характеристики (кирпич, пенобетонные блоки, плитка, кровельная черепица, материалы из алюминия, меди и кремния). Требования к экологически безопасным материалам приведены на рис. 2.



Рис.2. Требования к экологически безопасным материалам

В современном строительстве насчитывается множество технологий для производства экологически безопасных материалов. Кроме того, трудами ученых происходит постоянное усовершенствование технологий в плане снижения издержек и увеличения экологичности и безопасности строительства.

Применение наиболее экологически безопасных материалов с надлежащей консервацией объектов незавершенного строительства снизит экологическую нагрузку на окружающую среду, а также позволит предотвратить возникновение существенных повреждений строительных конструкций, что будет способствовать продолжению строительно-монтажных работ. И, конечно, необходимо отметить, что делая выбор в пользу экологически чистых строительных материалов и решая задачи снижения экологической нагрузки на окружающую природную среду человек естественным образом заботится о своём здоровье и здоровье будущих поколений.

### Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. Исследование экологически безопасных материалов при консервации незавершенного строительства // Интернет-журнал «Наукоеведение». Том 9, №3 (2017г.). <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
2. Пушилина Ю.Н. Влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на заболеваемость населения города Тула и Тульской области // Вестник ТулГУ. Серия «Строительство, архитектура и реставрация». Вып.2. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. - С. 230-235.
3. Величко Е.Г., Цховребов Э.С. Экологическая безопасность строительных материалов // Вестник МГСУ, Том 12, Выпуск 1(100), С. 26-35.
4. Черкесов М.Т. «Экологическая безопасность строительных материалов», Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, г. Нальчик – 2017 г. № 59.

## ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С.Н. Сычев

Тульский государственный университет

г. Тула

Значение кадмия для окружающей среды определяется двумя его свойствами: 1) сравнительно высоким давлением паров, определяющим легкость его испарения, например, при плавлении или при сгорании углей; 2) высокой растворимостью в воде, особенно при слабокислой реакции среды.

Широкое распространение кадмия в топливах, удобрениях, рудных отвалах способствует постоянному увеличению его содержания в окружающей среде. В результате этого кадмиевое отравление становится основной проблемой для проживающих в промышленных зонах.

Так, например, болезнь «итаи-итаи» (японский эквивалент выражения «ох-ох») в Японии (близ г. Тойяма) была вызвана присутствием кадмия в ирригационной воде для посадки риса, которую брали из реки Инцзу, загрязненной кадмием, свинцом и цинком, попавшими туда из цинковых разработок. Название болезни происходит от боли в спине и ногах, сопровождающей болезнь и потери кальция из костей (обычно у старых женщин), которые приводят к ломкости костей. Известен случай с 72 переломами у одного человека.[1]

Вне производства количество кадмия в организме определяется его поступлением с пищей и водой. Существенным источником кадмия является и курение, при этом ингаляционное поступление металла более опасно, чем пероральное, так как сорбируемость вдыхаемого кадмия гораздо выше.

Кадмий, поступивший с пищей, как и другие тяжелые металлы, тяжело преодолевает кишечный барьер. На это влияют различные факторы. Например, катионы типа кальция и цинка подавляют абсорбцию кадмия. Основная часть металла захватывается слизистой кишечника, а затем удаляется путем слущивания клеток эпителия. В общем, высшие животные и человек абсорбируют только 1-5 % кадмия (за исключением периода новорожденности, когда кишечный барьер преодолевается довольно легко).

Поглощенный кадмий аккумулируется в первую очередь в печени. Кадмий также сорбируется и другими органами, в частности мужскими половыми. Некоторое количество элемента поступает в кровь. Циркулирующий в организме кадмий может частично связываться с металлотионином, легко сорбируемым почками. Но большая часть кадмия поглощается корковым слоем почек и может накапливаться в течение многих лет. Результатом является их повреждение.

В противоположность ртути, кадмий не способен преодолевать плацентарный барьер и организм новорожденного вообще не содержит этого элемента.

Биологический период полувыведения кадмия составляет около 20 лет. Как следствие этого – увеличение содержания кадмия в почках в течение жизни человека от 0 при рождении до 20 мг в пожилом возрасте (для некурящих) и

40 мг для взрослого курящего человека. Основной путь выведения из организма – через мочу, хотя в сравнении с общим количеством элемента в организме, выделенное с мочой количество невелико. [2]

### Список литературы

1. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Тяжелые металлы: Экотоксикология и проблемы нормирования. - Изд-во ВВАГС, 2005. - 34 с.
2. Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – Изд-во Мир, 1993. - 366 с.

## ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

С.Н. Сычев

Тульский государственный университет  
г.Тула

Никель - элемент, необходимый для нормального роста животных, однако его роль до конца еще не выяснена. Известно, что как и некоторые другие ионы металлов, никель активизирует определенные ферменты. Среднее количество никеля, поступающее с пищей, достаточно для выполнения потребностей организмов, поэтому его дефицит не встречается. Высокие концентрации никеля могут вызвать токсикоз, хотя такие случаи редки. Чаще всего случаи отравления никелем отмечаются в процессе карбонилирования никеля (его промышленная очистка) за счет вдыхания высокотоксичных паров карбонила никеля  $Ni(CO)_4$ .

Никель в основном поглощается с пищей и водой (в промышленных условиях возможна ингаляция). Абсорбция в кишечнике минимальна: ежедневно человек поглощает 0,3-0,6 мг и 99 % выбрасывается с фекалиями. Никель, попавший в кровь, не образует металлотионинов (в отличие от других ТМ) и механизмы его гомеостатического контроля еще не выяснены. Однако выведение избытка никеля происходит (с мочой и потом).[1]

Если никель попадает в организм ингаляционным путем в виде  $Ni(CO)_4$ , последствия могут быть более тяжелыми. Данное соединение обладает высокой растворимостью в жирах и легко проникает через мембраны, откладываясь в легких, почках, мочевом пузыре, сердечной мышце, диафрагме и яичниках

О специфическом молекулярном действии никеля известно еще немного. Как и другие тяжелые металлы, он способен реагировать с биологически важными молекулами, включая белки и ДНК. Однако благодаря низкой доле абсорбции в кишечнике поглощенный никель не столь токсичен.

При попадании никеля в легкие (в промышленных условиях) начальные симптомы отравления довольно мягкие, включающие нарушение дыхания, утомляемость, головную боль, тошноту и рвоту, бессонницу, раздражительность. В дальнейшем эффект развивается и может вести к тахикардии, кашлю, слабости и болям в мышцах, обильному потоотделению, диарее. Физическое состояние напоминает таковое при пневмонии. В наиболее тяжелых случаях наблюдается смерть от дыхательной недостаточности, отека мозга и кровоизлияния



При попадании в организм не через легкие никель накапливается преимущественно в почках (что может вызвать их разрушение), а при высоких уровнях оказывает явное нейротоксическое действие. Способность никеля к образованию комплексов делает возможной хелатотерапию.

Соединения никеля могут быть канцерогенными. Эпидемиологические данные показывают повышение риска раковых заболеваний дыхательных путей у рабочих никелевой промышленности. Однако при введении никеля с едой и питьем канцерогенез отсутствует.

Никель и его соединения – сильные аллергены. Аллергия (никелевые дерматиты) может быть вызвана «внутренним» металлом ортопедических протезов, сердечных электродов и т.п., равно как и кожным контактом с никелевой бижутерией, ингаляцией или иными контактами с солями никеля. По данным Института Финзена в Дании за период 1936-1955 гг., только 4 % заболеваний возникает за счет производственных операций с никелевыми гравировальными досками, 9,5 % – за счет иных рабочих процедур и 86,5 % – по причине контакта с бытовыми предметами.[2]

### **Список литературы**

1. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Тяжелые металлы: Экотоксикология и проблемы нормирования. – Изд-во ВВАГС, 2005. - 34 с.
2. Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – Изд-во Мир, 1993. - 366 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД**

М.М. Камышина

Тульский государственный университет,  
г. Тула

Очистка и нейтрализация сточных вод является очень актуальным вопросом с точки зрения экологии. Существующие способы очистки сточных вод являются малоэффективными.

Результаты исследования показывают, что одним из наиболее перспективных технологических процессов очистки сточных вод является процесс нейтрализации. Нейтрализация щелочных сточных вод дымовыми газами является ресурсосберегающей технологией. Эффективность этого процесса зависит, в первую очередь, от исправности технологического оборудования и приборов (датчиков и исполнительных механизмов), а также выбора оптимального режима технологического процесса очистки сточных вод. Решение этих задач не позволяет добиться качественно новых результатов диагностики и оптимизации, а также значительно повысить эффективность процесса.

С развитием новых информационных технологий появилась возможность создания систем удаленного контроля и управления технологическими процессами. С появлением таких средств из-за модернизации систем

автоматизации возникла возможность создания локальной системы автоматизации нейтрализатора с удаленным доступом контроля данных и управления данным процессом. Система автоматизации процесса нейтрализации щелочных сточных вод дымовыми газами осуществляет контроль за показателем рН, концентрацией газов, щелочных сточных вод; управляет работой перемешивающего устройства; вычисляет объемный расход, состав, степень насыщения и многое другое.

Управление технологическими процессами может осуществляться как по отдельным критериям, так и с учетом нескольких показателей. Рассмотрим управление процессами по отдельным критериям.

В разработку управления технологическими процессами и математической моделью процесса нейтрализации включены:

- нейтрализатор как объект с сосредоточенными параметрами;
- химические реакции, протекающие мгновенно и являющиеся необратимыми;
- кинетика реакции, определяемая температурой смешивания щелочных сточных вод дымовыми газами, давлением подачи.

Рассматриваемый объект управления относится к классу нестационарных с неполной информацией. Следовательно, математическая модель стадии нейтрализации должна быть адаптивной.

Исследование процессов нейтрализации в нейтрализаторах с учетом влияния явлений, происходящих как на микро, так и макроуровнях, возможно лишь с помощью метода математического моделирования с использованием современных средств вычислительной техники. Моделирование процессов управления нейтрализаторами показывает необходимость учета динамических свойств объекта управления. Процесс нейтрализации обладает существенной инерционностью, то есть изменение расхода углекислого газа, сточной воды приводит к изменению параметров на выходе из нейтрализатора только через некоторое время. Отсутствие компенсации инерционности приводит к ухудшению качества регулирования. Существующие в настоящее время цифровые системы позволяют применять сложные алгоритмы управления, которые допускают исключение влияния инерционных свойств объекта управления на качество регулирования [1].

Переход к исследованию совмещенных процессов является следствием развития метода математического моделирования, способствовавшего пониманию сложных явлений. Совместное протекание нескольких процессов не является чем-то исключительным в промышленных условиях и, как правило, известно. Однако один из них превалирует по скорости, интенсивности и прочим показателям над другими.

Благодаря большой поверхности контакта между водой и газами происходит быстрая нейтрализация сточной воды. Скорость химической реакции нейтрализации очень высока и кинетика этого процесса в основном определяется коэффициентами макротурбулентной диффузии, которые зависят от гидродинамических условий смешения фаз. Процесс нейтрализации щелочных сточных вод дымовыми газами протекает в «смешанной» области определяется как гидродинамическими, так и кинетическими факторами [2]. Режим работы

нейтрализатора контролируется путем измерения технологических параметров, а также при помощи вторичных приборов.

Таким образом, создание автоматизированных систем управления технологическими процессами очистки сточных вод позволит повысить технико-экономические показатели производства.

### Список литературы

1. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаев В.В., Материкин С.В., *Автоматизация физических исследований и эксперимента: Компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе Labview 7.* – М.: ДМК Пресс, 2005. - 264с.

2. Хуррамов М.Г., Якубов С.Х. *Автоматизация очистки сточных вод // Прогрессивные технологии и процессы.* – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2014. – 239-240 с.

## МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

М.М. Камышина

Тульский государственный университет,  
г. Тула

С позиций экологии, безопасности жизнедеятельности научный и технический прогресс при активизации влияния человека на природу приводит к обострению и ухудшению экологической обстановки в России [1]. При этом, истощаются природные ресурсы, загрязняется природная сфера. Обостряется экономическая и политическая борьба за территории. Как следствие – нарушаются сырьевые рынки, ухудшается качество жизни. Возрастает актуальность ориентации экологической политики государства, законодательства, научных аспектов экологического права на обеспечение экологической безопасности населения, на охрану природных сред и более рачительное использования сырьевых ресурсов страны. Актуальна и другая сторона проблемы – материального возмещение в той или иной форме вреда, причиненного природе и здоровью людей. Безусловно, всё это должно осуществляться в комплексе с экономическими, политическими, нравственно-воспитательными и образовательными мерами со стороны российского государства на уровне законодательных основ [2,3].

Россия, обладающая огромными территориями, по сравнению со многими другими странами, относится, к сожалению, к странам с плохой экологической обстановкой. Загрязнение природной среды достигло невиданных за последние годы масштабов и продолжает ухудшаться.

При оценке качества воды существует несколько критериев. На первом месте стоит фактор нормирования, включающие лимиты на изъятие воды из источников, лимиты на сброс сточных вод и предельных масс загрязнений по каждому ингредиенту [4]. Далее водопользование подразумевает три основных вида [5]:

- 1) гигиенические требования к питьевой воде;
- 2) к качеству воды культурно бытового назначения;
- 3) к водам рыбохозяйственных целей.

Актуальность проблемы обостряется и тем, что в России, как нигде в мире, накоплено большое количество неостребованных сыпучих, волокнистых, пленочных, масляных отходов текстильной, легкой промышленности, транспорта, смежных отраслей и стройиндустрии, которые используются нерационально (сжигаются, свозятся на свалку), загрязняют водную среду в зоне действия предприятий и вокруг индустриальных центров.

На практике используются сорбенты и различные методы очистки вод по четырём группам дисперсности:

I – взвеси с размером частиц более  $10^{-1}$  мкм, эмульсии и суспензии, создающие мутность воды, включая микроорганизмы и планктон;

II – коллоидные растворы с размерами частиц  $10^{-1} - 10^{-2}$  мкм, высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, вирусы;

III – молекулярно-растворённые вещества с размерами частиц  $10^{-2} - 10^{-3}$  мкм, газы, органика, придающая воде запахи и привкус;

IV – вещества, диссоциирующие на ионы с размерами частиц менее  $10^{-3}$  мкм, соли, кислоты, основания.

Потенциальные возможности разработки методов и производства сорбентов и методов очистки сточных вод показаны в таблице.

Методы очистки сточных вод

Очистка от суспензий и эмульсий	Очистка от растворённых примесей	Очистка от органики и газов	Уничтожение или утилизация
Механическая очистка, отстаивание, флотация, фильтрование, осветление, центробежные методы, коагуляция, флокуляция, электрометоды и др.	Дистилляция, ионный обмен, обратный осмос, ультрафильтрация, замораживание, реагентные методы, электрометоды и др.	Регенерация, отдувка, деструктивные методы экстракция, биометоды, озонирование, хлорирование, нагрев, реагентные методы, электроокисление и др.	Устранение, закачка в скважины, термоуничтожение и переработка в брикеты, закачка в глубины моря, захоронение в почву и пр.

Использование методов переработки на принципе механического смешивания разномодальных и разномодальных компонентов позволяет существенно изменить подход к методике проектирования оборудования переработки отходов в потребительские товары. Физико-механический подход к переработке сточных вод позволит успешно использовать области молекулярной физики, термодинамики, технологии конструкционных материалов и позволяет создать научные основы проектирования технологии.

Методы очистки делятся на механические, химические, физико-химические, термические и биологические. Возможно комбинированное их использование. Применение методов в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью их вредности.

Эффективно применение способа электрохимической очистки стоков [6], содержащие стоки металлов, кислот и щелочей, которые позволяют одновременно с очисткой извлекать и использовать основную массу ценных продуктов и металлов. Электрохимическая обработка является разновидностью физикохимического метода, когда процесс электрохимической очистки сточных вод происходит под действием электрического тока. Эти методы отличаются многостадийностью и относительной сложностью происходящих в аппаратах водоочистки физико-химических явлений. Механизм и скорость протекания отдельных стадий зависят от многих факторов, выявление влияния и правильный учет которых необходимы для оптимального конструирования электролизеров и рационального ведения процессов очистки воды.

Основываясь на законах физической химии, электрохимии и химической технологии, электрохимические методы очистки промышленных сточных вод можно разделить на три основные группы: методы превращения, методы разделения и комбинированные методы.

Методы превращения обеспечивают изменение физико-химических и фазоводисперсных характеристик загрязнений сточных вод с целью их обезвреживания и быстрого извлечения из стоков. Превращение примесей может проходить ряд последовательных стадий, начиная с электронного уровня взаимодействия растворимых соединений и заканчивая изменением каких-либо электроповерхностных и объемных характеристик грубодисперсных веществ, содержащихся в сточных водах.

Методы разделения предназначены для концентрирования примесей в локальном объеме раствора без существенного изменения фазово-дисперсных или физико-химических свойств, извлекаемых из сточных вод веществ. Разделение примесей и воды происходит в основном за счет флотации электрогенерируемыми пузырьками газов или силового воздействия электрического поля, обеспечивающего транспорт заряженных частиц в воде.

К комбинированным методам электрохимической очистки сточных вод относятся методы, которые предполагают совмещение одного или нескольких методов превращения и разделения загрязнений стоков в одном аппарате.

Электрофлотация заключается в насыщении очищаемой воды микропузырьками водорода и кислорода, образующимися при ее электролизе под действием постоянного электрического тока. Кислород окисляет находящиеся в воде нефтепродукты, образуя более простые соединения, а пузырьки водорода, обладая большой подъемной силой, увлекают за собой на поверхность воды частицы нефтепродуктов и скоагулированных взвешенных веществ.

Электрокоагуляция (гальванокоагуляция) – устаревшие технологически методы, которые до настоящего времени используются на машиностроительных и металлообрабатывающих предприятиях для очистки сточных вод гальванического производства (в основном для очистки хромсодержащих

сточных вод от ионов хрома). В данных методах по электрохимическому механизму растворяют железо, и образовавшиеся ионы восстанавливают шестивалентный хром до трёхвалентного с последующим образованием гидроксида хрома. Различие электрокоагуляции и гальванокоагуляции заключается в способе растворения железа. В электрокоагуляционном методе железо растворяется электрохимически при наложении на стальные аноды потенциала от внешнего источника питания. В гальванокоагуляционном методе железо растворяется гальванохимически за счет разности потенциалов, возникающей при контакте железа с медью или коксом. Следовательно, оба метода различаются движущей силой процесса растворения металлического железа, что и определяет их технологические различия.

### Список литературы

1. Лепеш Г.В., Саканская-Грицай Е.И. Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области // *Технико-технологические проблемы сервиса*. - № 1(27), 2014. – С. 56 – 68.

2. Химический состав подземных вод. Сайт: Государственный мониторинг состояния недр. Региональный центр ГМСН по Северо-Западному Федеральному округу. [Электронный ресурс]. – URL: <http://sevzapnedra.nw.ru/GMCN/system13.html>.

3. Технологии очистки. Сайт водоканал СПб. Электронный ресурс. – URL: [http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii\\_ochistki/](http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/tehnologii_ochistki/).

4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01».

5. Лепеш Г.В., Грицай Е.И., Хотулев В.А. Исследование сущности электрохимического процесса, как технологической составляющей очистки воды. / *Технико-технологические проблемы сервиса*. - №2(24), 2013. - С.42– 49.

6. Матвеев А.П. Электрореагентная технология очистки и кондиции водных растворов и коллоидных ассоциатов // *Технико-технологические проблемы сервиса*. - № 2(8), 2009. – С. 50 – 54.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Ю.Н. Пушилина

Тульский государственный университет,  
г.Тула

Одиночный автомобиль, движущийся по дороге, не в состоянии оказать сколько-нибудь заметного влияния на окружающую среду и экосистемы. Иное дело, совокупность машин, движущихся в составе транспортных потоков по автомобильным дорогам и перевозящих грузы и пассажиров. Здесь влияние на окружающую среду определяется не только техническими характеристиками автомобиля или дороги, но и интенсивностью, скоростью движения, составом

транспортного потока, плотностью дорожной сети.

Объемы грузовых перевозок диктуются экономическими характеристиками производственной инфраструктуры, конкуренцией других видов транспорта, пассажирскими демографическими факторами, уровнем благосостояния населения. Провозная способность дороги определяется ее конструкцией, способами организации движения, обеспечивающими безопасность участников движения и реализацию потенциальных свойств, заложенных в конструкцию автомобиля [1].

Необходимо понимание предельно допустимого уровня насыщения локальных территорий автомобильным парком и транспортной инфраструктурой, выход за которые приведет к локальной экологической катастрофе. Исходная информация: темпы роста численности автомобильного парка, протяженности дорог, интенсивность использования, технический уровень и техническое состояние дорожно-транспортной техники, дорожной сети.

Загрязнения окружающей среды транспортным комплексом можно условно разделить на технологические (дорожно-строительных машин, специальных транспортных средств дорожных предприятий, асфальтобетонных заводов, баз техники от точечных источников) и транспортные (транспортных потоков линейных источников)

Объем транспортных выбросов вредных веществ в атмосферу на дорогах общего пользования почти в два раза больше объема технологических выбросов [2]. Технологические выбросы твердых частиц, оксидов серы, минеральной пыли сопоставимы с выбросами этих веществ транспортными потоками. Ежегодные объемы технологических выбросов CO, CxHy, NOx в 5-10 раз меньше объемов выбросов этих веществ транспортными потоками.

К транспортным выбросам относятся токсичные вещества с отработавшими газами автомобилей, продукты износа шин, антифрикционных материалов, нефтепродукты, эксплуатационные жидкости, изношенные детали и агрегаты, включая шины, аккумуляторы.

Различают следующие виды транспорта: автомобильный, железнодорожный (наземный и подземный – метро), воздушный, водный (речной и морской), а также рельсовый и безрельсовый наземный электротранспорт (трамвай, троллейбусы). Электротранспорт оказывает загрязняющее действие на среду за счет шума и электромагнитных излучений, а также за счет попадания в среду веществ, применяемых при обслуживании этого транспорта [3-4].

На различных видах транспорта используют следующие виды топлива: автомобильный и авиационный бензин, дизельное топливо, керосиновые фракции, природный газ и смесь разных видов топлива. По конструкции двигателей различают карбюраторные, дизельные и реактивные силовые установки, которые имеют разные конструкции и оказывают на природную среду различное воздействие.

Транспортные средства, работающие на карбюраторных двигателях, сильно загрязняют среду угарным газом, тетраэтилсвинцом (его в атмосферу поступает более 8 тыс. т ежегодно), оксидами азота и углеводородами.

Транспортные средства, работающие на дизельных двигателях, в меньшей степени загрязняют среду CO, остальные вышеперечисленные в большей –

оксидами серы и азота.

Негативное влияние транспорта на окружающую среду состоит в том, что для его функционирования необходимо топливо, которое само по себе токсично. Помимо этого, транспортные средства выделяют большое количество продуктов сгорания топлива

при работе разных двигателей поглощается кислород и выделяются выхлопные газы, многие из которых отрицательно влияют на Природу. Нерациональное использование веществ, применяемых при уходе за двигателями, также загрязняет внешнюю среду. Работа транспорта сопровождается шумом, вибрациями, излучением электромагнитных колебаний, тепловым загрязнением среды обитания. При движении машин по грунтовым дорогам нарушается поверхностный слой почвы, возникает запыление и т.д.

Как было показано выше, при эксплуатации транспортных средств выделяются газообразные (оксиды серы, азота, угарный газ, различные углеводороды, продукты неполного сгорания и разложения топлива переменного состава), парообразные (тетраэтилсвинец и другие вещества), жидкие (сточные воды переменного состава) и твердые (золы) загрязняющие вещества.

За счет работы транспортных средств возникает фотохимический смог, связанный с поступлением в атмосферу оксидов азота, углеводородов, кислорода и паров воды. Под воздействием солнечной радиации образуются оксиданты, отравляющее воздействие которых очень велико и превышает таковое для других веществ, поступающих в атмосферу.

Продукты превращений различных загрязнителей, находящихся в атмосфере, попадают в почву и природные воды.

Уход за транспортными средствами требует большого расхода воды и сопровождается образованием сточных вод. Сточные воды станций техобслуживания содержат суспензии твердых веществ, эмульсии масел, а также растворы солей и моющих средств. Попадание таких вод в природные водоемы или в почву приводит к загрязнению последних.

И атмосфера, и гидросфера, и почвы загрязняются в результате нарушения правил перевозки грузов и различных аварий на транспорте. Большое количество нефти и нефтепродуктов, угля, различных солей попадают и в реки, и в моря, и в литосферу. Однако обнаружено, что нефть как загрязняющее вещество попадает в среду обитания (Мировой океан) преимущественно через сливные воды, образующиеся при отстое транспортируемой нефти.

Атмосфера является мощным загрязняющим фактором природных вод и литосферы, так как более 50 % всех загрязнений, поступивших в нее, попадает в Мировой океан и на сушу. Поэтому автомобильный, наземный железнодорожный и другие виды наземного транспорта являются источником загрязнения и гидросферы, и литосферы.

### **Список литературы**

1. Болбас М.М., Савич Е.С., Кухаренко Г.М. *Транспорт и окружающая среда: учебное пособие, 2-е издание.* - Минск, УП «Технопринт», 2004.
2. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. *Промышленно-транспортная экология: учебное пособие.* – М., Высшая школа, 2003.



3. Троицкая Н.А., Чубуков А.Б. *Единая транспортная система: учебное пособие, 9-е издание.* – Изд-во «Академия», 2014.

4. Статья «Транспортная система». [Электронный ресурс] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортная\\_система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспортная_система).

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

А.В. Волков, И.В. Силिवеева  
Тульский государственный университет,  
г.Тула

В настоящее время, вопрос обсуждения загрязнения окружающей среды стоит очень остро, и с течением времени не теряет свою актуальность. Неотъемлемой базой для решения этой проблемы, служит усовершенствование системы экологического мониторинга, которое будет осуществляться на сверхновой организационной и индустриальной базе.

Основными направлениями систематического подхода являются анализ пылевого загрязнения приземной атмосферы и анализ наличия загрязняющих веществ в воздушном бассейне. Для решения данных задач необходима актуальная база оборудования, приборов. Значимым показателем качества воздушной городской среды является концентрация взвешенных веществ в атмосфере.

Атмосферный аэрозоль представляет собой смесь различных компонентов. Многокомпонентность состава атмосферного аэрозоля не учитывается в глобальных моделях химических процессов атмосферы и в моделях климата, так как это требует расчетов, которые связаны с внушительными издержками машинного времени.

Рациональный учет влияния атмосферного аэрозоля на состояние климата и экологии нуждается в рассмотрении разнообразия его типов в целом и пространственно-временных закономерностях изменения его свойств, что определено многочисленностью источников и непродолжительным временем существования аэрозоля. Пространственно-временные закономерности изменения свойств аэрозоля определяют необходимость разработки интерактивного «аэрозольного блока» для моделей климата, который обеспечит воссоздание истинной динамики свойств атмосферного аэрозоля.

В настоящее время критерии свойств аэрозоля рассматривают по отдельности, применяя к основным типам аэрозоля с последующим объединением моделей, обеспечивающим учет вариаций состава аэрозоля.

Необходимо отметить, что в настоящее время оценка газовых и аэрозольных примесей, которые содержатся в атмосфере, не дает возможность своевременно учитывать зоны их влияния из-за нехватки экономических и технических возможностей. Следовательно, в перспективе, имеется возможность вероятного использования дополнительных, менее затратных и совершенно эффективных способов получения эмпирической информации о состоянии

загрязнения селитебных территорий, а именно природных планшетов.

Группой исследователей города Тюмень был проведен анализ динамики распределения пылевого загрязнения атмосферного воздуха на территории города в зимний период на основе химического анализа снежного покрова в 2010-2011 годах.

В марте 2010-2011 гг., согласно руководству по контролю загрязнения атмосферы, в различных районах города Тюмени были отобраны пробы снега посредством весового снегомера. Пробы отбирались по территории города в 2010 г. в 40 точках, 2011 г. – в 57 точках [3].

Благодаря кластерному анализу было выявлено, что на рассматриваемой области существует несколько интенсивных источников пыления, но отсутствует связь между источниками загрязнения атмосферного воздуха и находящимся на территории промышленным узлам. Схема изоконцентраций показала, что направление преобладающих ветров не оказывало значительного влияния на распределение пылевых аэрозолей на территории города. Определяющим фактором явилась структурная планировка архитектуры застройки. Было выявлено, что схожая картина наблюдалась при исследовании распределения концентраций пылевых аэрозолей в 2009 г. с января по сентябрь 2009 г. посредством седиментационного анализа.

Анализ отобранных возле дорог главных магистралей города проб, указывал на образование вдоль них техногенных аномалий, подтверждая тем самым весомый вклад автотранспорта в кумулятивное загрязнение территории города. Следует отметить, что результаты статистической и картографической обработки данных полностью подтвердили данную гипотезу. Концентрация пылевых аэрозолей в районе улиц Республики, Челюскинцев, Мориса Тореза, Герцена в снежном покрове в 2010 г. составила 0,8-1,4 мг/л; а в 2011 г. – 0,2-0,4 мг/л [3].

Значительные концентрации пылеаэрозолей в снежном покрове наблюдались на территориях Северного и Южного промузлов: в 2010 г. –  $C=0,7$  мг/л; в 2011 г. –  $C=0,3-0,4$  мг/л [3].

При исследовании жидкой и твердой фаз снежного покрова селитебных территорий были установлены источники пылевого загрязнения приземной атмосферы, а также была произведена оценка фона рассеивания на городской территории и факторы, определяющие это рассеивание. В 2011 г. на анализируемой области наблюдалось некоторое снижение абсолютных концентраций пылевых аэрозолей в снежном покрове, но следует отметить, что коэффициенты концентрирования увеличились более чем на порядок. Такое расхождение свидетельствовало о значительном различии условий формирования осадков.

Отбор проб радиоактивных выпадений на подстилающую поверхность на территории РФ в 2016 г., как и ранее, производился с помощью марлевых планшетов без бортиков площадью  $0,3 \text{ м}^2$  с суточной экспозицией [1].

Радиационный мониторинг на территории округа проводится Центральным УГМС, УГМС Центрально-Черноземных областей (ЦЧО) и ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета.

Анализ отобранных проб радиоактивных аэрозолей и выпадений на содержание суммарной бетаактивности радионуклидов проводился в восьми радиометрических лабораториях и группах. В трех из них дополнительно проводился анализ проб на содержание гамма-излучающих техногенных и природных радионуклидов; в одной лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» – дополнительно анализ проб объектов окружающей среды на содержание  $^{90}\text{Sr}$ , трития и изотопов плутония.

Среднегодовые значения МЭД по данным ежедневных измерений в населенных пунктах ЦФО изменялись от 0,08 до 0,18 мкЗв/ч при среднем значении 0,11 мкЗв/ч, что не отличается от фоновых уровней, наблюдаемых на территории РФ. Максимальное среднегодовое значение МЭД наблюдалось в Плавске Тульской области (0,13 мкЗв/ч), загрязненном в результате чернобыльской аварии[1].

Выше среднего значения наблюдались среднегодовые МЭД (14- 15 мкЗв/ч) и в других пунктах, расположенных в зонах, загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС (рисунок 1).

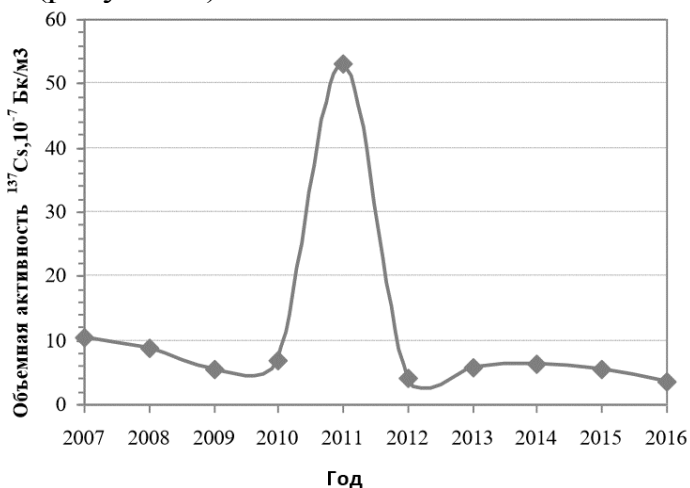


Рис. 1. Динамика изменения средневзвешенной объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  в приземном слое атмосферы на территории ЦФО

Мониторинг качества воздуха в г. Бийске проводился на трех стационарных постах наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха Комплексной лабораторией по мониторингу загрязнения окружающей среды. Особенность города Бийска заключается в следующем: главные предприятия химической промышленности и ТЭЦ-1 находятся юго-западной части. Вследствие этого, при наличии господствующих юго-западных направлений ветра, оказывалось отрицательное воздействие на экологическую обстановку фактически всех жилых районов.

ПДК<sub>сс</sub> пыли в атмосфере составляет 0,15 мг/м<sup>3</sup>. Средняя величина концентрации запыленности города в 2009 г. составляла 0,17 мг/м<sup>3</sup>, что чуть выше ПДК, однако в период апрель-ноябрь концентрация пыли существенно превышала предельно допустимую. Значительное превышение среднегодового ПДК отмечалось только на пункте наблюдения за загрязнением № 5 (пер. Коммунарский, федеральная трасса Новосибирск – Бийск – Ташанта), среднегодовая концентрация составила 0,21 мг/м<sup>3</sup>. На пункте наблюдения за загрязнением № 2 (в направлении юго-запада) составила 0,11 мг/м<sup>3</sup>, в

центральной части города на пункте наблюдения за загрязнением № 11 –  $0,07 \text{ мг/м}^3$  [2]. На ПНЗ-11и ПНЗ-2 концентрация не превысила ПДК( $0,15 \text{ мг/м}^3$ ). На всех трех пунктах годовой ход носил синхронный характер.

Максимум концентрации пыли наблюдался в переходные сезоны года (апрель, май и октябрь), в то время как наименьшая концентрация пыли отмечалась в холодный период, когда мерзлая подстилающая поверхность покрыта снежным покровом (рисунок 2).

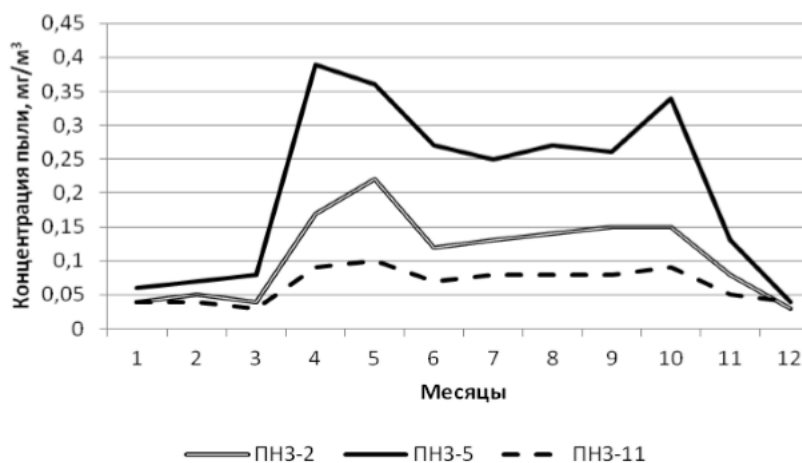


Рис. 2. Годовой ход средних значений концентрации пыли на ПНЗ (1985–2009 гг., г. Бийск)

Благодаря многолетнему (с 1985 по 2009 г.) и непрерывному мониторингу за концентрацией пыли в Бийске были получены важные результаты, которые позволили сделать следующие выводы о состоянии атмосферного воздуха. На всех ПНЗ г. Бийска наблюдалось постоянное снижение концентрации пыли. Максимум содержания пыли в воздухе был зарегистрирован на ПНЗ-2 в 1985 г., 1997-1999 гг., на ПНЗ-5 – в 1991 и 1993 гг., на ПНЗ-11 – с 1994 по 1997 г. [2]Преимущественно загрязненной, можно назвать территорию центральной части города (ПНЗ-5), вклад в загрязнение данной территории вносит автотранспорт. По итогам анализа концентрации взвешенных веществ за весь период наблюдений было получено, что среднегодовые уровни загрязнения превышали ПДК в среднем в 1,2-2,7 раза до 2000 г. Наибольшее превышение среднегодовой нормы было зарегистрировано в 1985 г. и составило  $0,4 \text{ мг/м}^3$  (2,7 ПДК) [2].

На протяжении всех сезонов года в г. Бийске отмечалась устойчивая тенденция уменьшения концентрации пыли (рисунок 3).

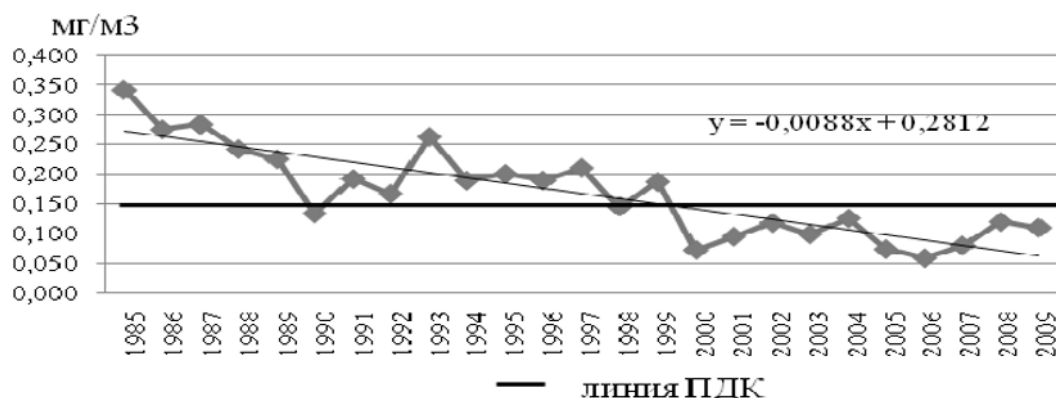


Рис. 3. Динамика среднегодовых концентраций пыли (1985–2009 гг., г. Бийск)

Необходимо отметить, что во все сезоны года уменьшение концентрации пыли происходит более быстро лишь в теплый период года. Это говорит о том, что наблюдалось синхронное уменьшение количество аэрозолей не только антропогенного, но также и природного происхождения за счет пыли, которая поднималась с подстилающей поверхности. Этому благоприятствовало уменьшение объемов промышленного производства в городе, а также значительное улучшение состояния дорожного фонда и особенное внимание к его благоустройству.

По данным Всемирной организации здравоохранения при концентрации пыли в атмосферном воздухе в количестве  $0,08 \text{ мг/м}^3$  уже ощущается дискомфорт. При дальнейшем увеличении содержания концентрации пыли до  $0,25-0,5 \text{ мг/м}^3$  наблюдается ухудшение состояния больных с заболеваниями органов дыхательной системы. Непрерывное пребывание людей в атмосфере с концентрацией пыли выше  $0,5 \text{ мг/м}^3$  приводит к учащению заболеваний и возрастанию смертности.

Пыль может оказывать раздражающее, фиброгенное, аллергическое и токсическое воздействие. Действие пыли на кожный покров оказывает механическое раздражение. Вследствие такого раздражения может возникнуть зуд, и как следствие покраснение и припухлость кожного покрова. Пылинки, проникающие в поры потовых и сальных желез, закупоривают их и тем самым затрудняют их работу, приводят к сухости кожного покрова, к появлению трещин и сыпи. Действие пыли на верхние дыхательные пути заключается в их раздражении, а при длительном воздействии – к воспалению.

При попадании пыли на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, ее раздражающее действие проявляется наиболее интенсивно. Слизистые оболочки по сравнению с кожным покровом обладают более тонкой структурой. Все виды пыли оказывают на них раздражающие действие.

Пыль, которая попала в глаза, может вызывать различного рода воспалительные процессы их слизистых оболочек, выражающиеся в покраснении, слезотечении. Некоторые токсические пыли могут оказывать действие на органы пищеварения. Токсичность пыли зависит от материала, из которого она образована.

Отрицательное влияние пыли в атмосфере отражается и на современных промышленных производствах и комплексах, которые связаны, например, с микроэлектроникой, инновационными нанотехнологиями и т.д. На таких предприятиях меры по очистке воздуха являются неотъемлемой частью производственного процесса. По вышеуказанным причинам изучению качества атмосферного воздуха и мероприятиям по удалению загрязняющих веществ из атмосферы, уделяется особое внимание.

Инвестируются глобальные средства в создание более совершенных технологически инновационных очистительных устройств. Начинает осуществляться перевод объектов энергетики и автотранспорта на безопасные, экологически чистые виды топлива.

### **Список литературы**

1. *Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств 2016, Ежегодник, под ред. В.М. Шершакова, Булгакова В.Г.,*

*Крышева И.И., Вакуловского С.М., Катковой М.Н., Ким В.М., Крышева А.И., ФГБУ НПО «Тайфун». – Обнинск, 2017 г.*

*2. Мониторинг загрязнения воздушного бассейна г. Бийска Алтайского края аэрозольными компонентами / Е.В. Дутт, В.В. Севастьянов, «Науки о Земле», 2012 г.*

*3. Мониторинг загрязнения снежного покрова пылеаэрозолям в городе Тюмень / Т.В. Гарманова, Н.С. Ларина, Вестник Тюменского государственного университета №7, 2012 г.*

## **СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРУ**

А.В. Волков, И.В. Силвеева  
Тульский государственный университет,  
г.Тула

На протяжении 2016 года на территории Российской Федерации отобрано и исследовано более 1205 тыс. проб атмосферного воздуха, в том числе на городских территориях – более 1042 тыс. Данные мониторинга удовлетворительно сообщаются с данными Росгидромета и Министерства природных ресурсов, которые отмечают общую тенденцию к стабилизации показателей качества атмосферного воздуха.

Тульская область является одной из самых индустриально развитых в центральном регионе России. В 2016 году по индексу промышленного производства наша область занимает второе место в Центральном федеральном округе, уступая лишь Московскому региону [2]. Уровни загрязнения атмосферного воздуха (более 5 ПДК<sub>сс</sub>) наблюдались в 2016 году на территории 14 субъектов РФ, в том числе – Тульской области (Центральный ФО).

Так, в 2016 году, выбросы организаций, производств, занимающихся различной обрабатывающей деятельностью, составляют около двух третей выбросов в атмосферу вредных веществ (63,0 %), организации металлургического производства – 40,7 %, организации химического производства – 8,4 % всех выбросов [3]. Выбросы вредных веществ в атмосферу организаций, производящих электроэнергию, газ и воду составили 26,9 %, транспорт и связи – 3,6 % от общего объема выбросов в атмосферу вредных веществ.

Качество состояния здоровья населения напрямую зависит от воздушной среды. Существует подтвержденная зависимость уровня заболеваемости органов дыхания, системы кровообращения и онкологических патологий, от общего состояния окружающей среды.

По указанным критериям здоровье населения города Тулы несколько хуже, чем в соседних областях. Однако существующий уровень здоровья, согласно практике оценивания, недостаточен для того, чтобы претендовать на статус зоны чрезвычайной экологической ситуации федерального значения.

Загрязнение атмосферного воздуха по особенностям компонентов и количеству объемов выбросов значительно различается по муниципальным образованиям Тульской области. Большая часть загрязняющих веществ попадает

в атмосферу с выбросами промышленных предприятий городского округа города Тула (44,7 % от общего количества выброса) и Суворовского района (22,9 %) [1].

Динамика первичной заболеваемости взрослого населения Тульской области за 5 лет

	2011	2012	2013	2014	2015	Темп прироста / снижения к уровню 2014г.,%
Болезни органов дыхания	154,2	142,6	158,5	154,3	159,0	3,0
Болезни системы кровообращения	29,8	31,2	35	36,2	39	7,9
Новообразования	12,6	12,6	13,6	13,4	11,3	-15,7

Фактически 29,1 % от всех загрязняющих веществ в атмосферу приходится на предприятия округов Новомосковска, Алексина, Ефремова и Щекинского района. Важно отметить, что регистрируется снижение загрязнения атмосферного воздуха вблизи автомагистралей (в 2013 г. – 5,3 %, в 2014 г. – 1,5 %, в 2015 г. – 0,73 %, в 2016 г. – 0,61 %).

Исследование атмосферного воздуха показало различный уровень зависимости его влияния на формирование качества здоровья в различных субъектах Российской Федерации, а, следовательно, и преимущество разработки и реализации мероприятий по управлению риском для здоровья населения в результате влияния определенного фактора.

В среднем число дополнительных случаев смерти от всех причин, которые связаны с загрязнением атмосферного воздуха сельских территорий, вероятно составило 3,29 случая на 100 тыс. населения, однако, необходимо отметить, что темп прироста данного показателя относительно 2014 г. стал отрицательный и составил – 23,4 %.

Основную долю дополнительных случаев смерти у всего населения РФ, формировала смертность населения от заболеваний органов дыхания и злокачественных новообразований. В целом по Российской Федерации 5,28 и 0,27 % смертности по данным причинам соответственно вероятно связано с неблагоприятным влиянием загрязненного атмосферного воздуха.

Повышенное содержание в атмосферном воздухе взвешенных веществ, сероводорода, акрилатов, оксида углерода, бензола, оксидов азота, диоксида серы, формальдегида, фтора и его соединений, бенз(а)пирена, хлора и его соединений, аммиака, сероуглерода, тяжелых металлов, ксилола, фенола, и других химических веществ может способствовать формированию развития отрицательных эффектов со стороны системы пищеварения, кровеносных органов, системы кровообращения, крови, органов дыхания, мочеполовой, костно-мышечной, иммунной, нервной систем, слизистой глаз (рисунок 1).

Приоритетными веществами, которые формируют повышенное загрязнение атмосферного воздуха как городских, так и сельских территорий Российской

Федерации, являются взвешенные вещества, углерода оксид, серы диоксид азота диоксид и углеводороды.

Повышенные концентрации указанных выше загрязняющих веществ оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека и экосистемы. Некоторые из этих загрязняющих веществ могут привести к коррозии элементов технической инфраструктуры.



Рис. 1. Структура проб атмосферного воздуха на территории городских и сельских поселений с превышением ПДК<sub>мр</sub> по веществам, %

Были зарегистрированы превышения ПДК<sub>мр</sub> на 28 % по содержанию пыли проб воздуха городских территорий, для сельских территорий данный показатель доходил до 35 %. Далее структура проб воздуха показывает превышение гигиенических нормативов по оксиду углерода (16 % проб воздуха сельских и городских селитебных территорий). Более 11 % проб воздуха, которые отобраны в городах, содержали данные о превышении гигиенических нормативов азота диоксида, данный показатель для сельской территории составляет около 9 %. Серы диоксид был выявлен в 6-7 %, а углеводороды – в 5-3 % проб воздуха, которые отобраны в городах и селах соответственно, с превышением ПДК<sub>мр</sub>.

Действующая система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, реализованная в Росгидромете, обеспечивает систематическое измерение концентраций взвешенных веществ.

В Тульской области общее количество выброшенных в 2016 году в атмосферу загрязняющих веществ, пылеаэрозоли составили – 11,8 % [1]. Аэрозольные частицы являются одним из опасных для здоровья человека загрязнителем. В процессе дыхания, проникающий в органы человека аэрозоль, частично там остается и может привести к тяжелым заболеваниям.

Поэтому проведение мониторинга динамики сезонной запыленности приземного аэрозоля с использованием экспериментального комплекса, предусматривающего, в частности, определение массовой концентрации, является необходимым. За основу мониторинга выпадения атмосферной пыли можно взять методику, применяемую в организациях Гидрометслужбы. Для этого, например, в НПО «Тайфун» (г. Обнинск, Калужская область) для анализа аэрозольных выпадений используется горизонтальный марлевый планшет без бортиков площадью 0,3 м<sup>2</sup> с экспозицией 3-5 дней.

Количество отобранных в городских поселениях проб атмосферного воздуха в 2016 году составило 3557, из них с превышением ПДК 9 проб (все по взвешенным веществам), что составляет 0,25 % (в 2015 г. по Тульской области – 0,41 %, в 2014 г. по РФ – 1,1%). Превышения гигиенических нормативов



отмечались в г. Новомосковск, г. Венев и г. Плавск на автомагистралях в зоне жилой застройки; при маршрутных и подфакельных исследованиях в зоне воздействия промышленных предприятий.

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в Тульской области в 2016 году проводится на 10 стационарных постах: 5 ПНЗ в г. Тула, 3 ПНЗ в г. Новомосковск, 2 ПНЗ на территории музея-усадьбы «Ясная Поляна» [3]. Также необходимо сказать, что, на всех постах наблюдения загрязнений в г. Туле, где производился контроль по взвешенным веществам, отмечалось превышение концентраций до 1 ПДК<sub>мр</sub>.

Важно отметить, за период 2011-2015 гг. концентрации взвешенных веществ (среднегодовые) по Российской Федерации в целом, снизились на 11 %, от стационарных источников за период 2010-2014 гг. выбросы взвешенных веществ снизились на 20,8 %.

В городах с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 17,1 млн человек – 17% городского населения России.

Сравнительный анализ уровня взвешенных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Москвы и ряда крупных мировых городов, который был проведен Департаментом природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы, по последним опубликованным данным показал, что в целом уровень загрязнения воздушного бассейна в г. Москве можно сопоставить с уровнем загрязнения в других крупных городах мира. Максимальные концентрации PM<sub>10</sub> были отмечены в Пекине – 116 мкг/м<sup>3</sup>, Стамбуле – 51 мкг/м<sup>3</sup>, Мехико – 44 мкг/м<sup>3</sup> и Гонконге – 44,5 мкг/м<sup>3</sup>. Минимальные показатели по PM<sub>10</sub> отмечены в Стокгольме, Париже и Лондоне – 19, 21 и 22 мкг/м<sup>3</sup> соответственно. В Праге, Берлине и Москве концентрации PM<sub>10</sub> в атмосферном воздухе составили 28, 30 и 39 мкг/м<sup>3</sup> соответственно (рисунок 2).



Рис. 2. Динамика среднегодовых концентраций PM<sub>10</sub> в атмосферном воздухе городов мира

На качество атмосферного воздуха в РФ оказывают влияние следующие антропогенные факторы:

– нерациональное природопользование, в частности ископаемых видов топлива;

– дефицит эффективного газоочистного оборудования, и как следствие, применение устаревших технологий на промышленных, индустриальных предприятиях, ТЭЦ, бытовых котельных и др.;

– отсутствие использования альтернативных, возобновляемых, источников энергии;

– высокоинтенсивный рост числа автомобилей, которые эксплуатируют без учета фактора пропускной способности уличной сети возле существующей застройки;

– ошибки и погрешности в планировании и застройке населенных пунктов, которые приводят к размещению жилых массивов рядом промышленными объектами;

– отсутствие результативной системы утилизации ТБО;

– неконтролируемое сжигание бытовых отходов на территории жилой застройки и прочее.

В результате мероприятий, проводимых на территории Российской Федерации по охране атмосферного воздуха, появилась тенденция к снижению дополнительной заболеваемости и смертности населения, связанных с отрицательным воздействием загрязненного атмосферного воздуха.

### **Список литературы**

1. *О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад.* – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. – 220 с.

2. Интернет-ресурс, Режим доступа URL: [[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/#)], дата обращения: 04.12.17.

3. Интернет-ресурс, Режим доступа URL: [<http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/tulskaya-oblast-vneshnie-i-vnutrennie-ekologicheskie-problemy>], дата обращения: 04.12.17.

## **СТАНЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАГАЗОВАННОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, С.А. Савинкова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Свалка – это одна из наиболее важных причин загрязнения окружающей среды. Такие локальные места скопления мусора несут в себе серьезную угрозу не только для природы, но и для человека, выступая источниками эпидемиологической опасности. Внутри полигона происходит множество неподконтрольных человеку процессов, что может привести к загрязнению грунта, водоносных горизонтов и атмосферного воздуха. В теле свалки происходит образование свалочного газа, основой которого является метан. В

зависимости от морфологического состава полигона его концентрация может меняться, но в среднем она составляет от 50 до 75 %.

Метан образуется несколькими способами, в том числе в результате жизнедеятельности метанобразующих бактерий, а также путем химических превращений органических веществ. Он является вторым по значимости парниковым газом, превосходя углекислый газ из-за наличия глубоких вращательных полос поглощения его молекул в инфракрасном спектре. [1]

Также взаимодействуя с воздухом  $\text{CH}_4$  взрывоопасен при концентрациях от 5,3 до 14 %, и горит при концентрациях выше 16 % [2]. При попадании кислорода в тело свалки или при накоплении большого количества метана возможно возникновение взрывопожароопасных условий, что может привести к целому ряду негативных последствий. В связи с этим необходимо контролировать объемы выделения свалочного газа.

В Тульском государственном университете разработана станция автоматического мониторинга загазованности и температуры рекультивированного полигона. Данная установка позволяет в режиме реального времени удаленно отслеживать состояние свалки за счет установленных датчиков температуры и газа, чтобы иметь возможность своевременно отреагировать на возгорание или взрыв и предотвратить негативные последствия.

Экологическая станция мониторинга направлена на решение ряда задач, в частности по сбору, обработке и хранению информации, ее экологическому анализу и разработке решений по предотвращению последствий в случае повышения концентраций свалочного газа или возгорания в теле полигона. Эта установка дает возможность с помощью сети Интернет в режиме реального времени наблюдать за состоянием полигона через сайт.[3]

На свалке проложены трубы для газоотведения, на которые была установлена система мониторинга. Внутри трубы опускаются датчики измерения концентрации свалочного газа и температуры. Данные передаются на сервер через сотовую мобильную связь, что позволяет удаленно следить за состоянием полигона и контролировать выбросы биогаза. Станция автоматического мониторинга представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Станция автоматического мониторинга

Главным преимуществом данной станции является то, что, во-первых, на полигоне не требуется присутствия человека для сбора и обработки информации, все данные приходят на сервер и затем отображаются на сайте в виде таблиц и графиков. Во-вторых, можно установить любой период считывания и передачи данных в течение суток, что позволяет наглядно в режиме реального времени отображать изменение концентраций метана и температуры, обеспечивая удобство анализа значений.

На протяжении пяти месяцев данные поступают на сервер. Для обработки полученной информации и ее дальнейшего анализа ведется регулярный мониторинг. На данный момент в течение каждого месяца фиксируются следующие показатели: концентрация метана, температура внутри тела свалки и температура наружного воздуха.

По полученным данным по каждому из выбранных показателей строится график. Установка станции была произведена 13 ноября 2017 г. на бывшей свалке в деревне Судаково. На рисунках 2 – 4 приведены полученные данные с 13 ноября по 13 декабря 2017 года.

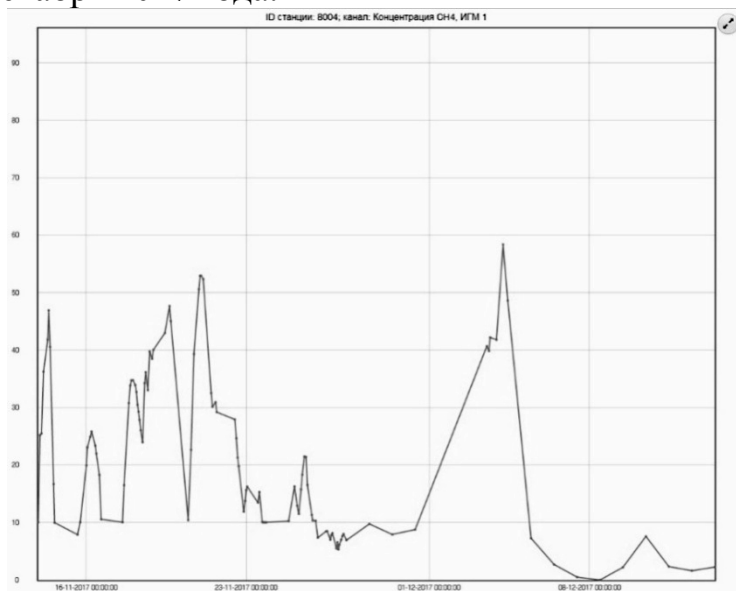


Рис. 2. График изменения концентрации метана

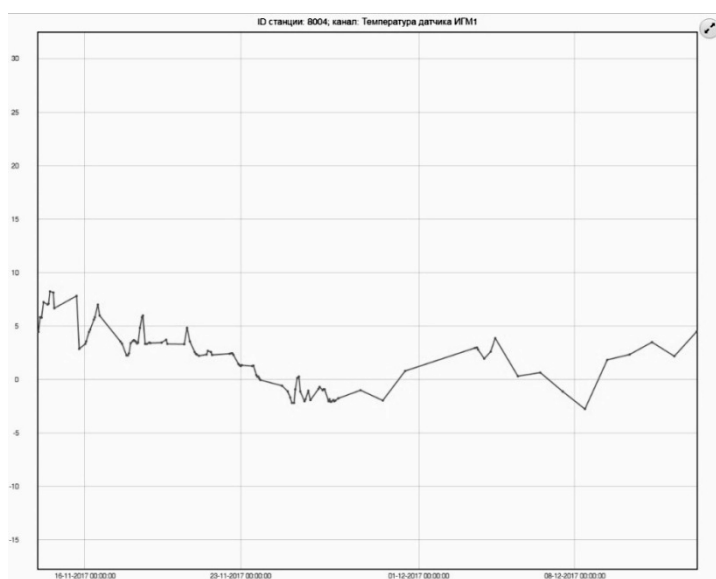


Рис. 3. График изменения температуры датчика внутри полигона



Рис. 4. График изменения температуры наружного воздуха

За период работы установки были зафиксированные значительные превышения нижнего концентрационного предела метана, установленного в размере 40%, наблюдаемые в следующие дни ноября:

1. 14.11. в 9:00 – 46,92 % (температура наружного воздуха -3 °С).
2. 19.11. в 15:42 – 47,67 % (температура наружного воздуха -4,5 °С).
3. 20.11 в 23:59 – 52,94 % (температура наружного воздуха -6 °С).
4. 21.11 в 00:45 – 52,96 % (температура наружного воздуха -7 °С).
5. 21.11 в 03:04 – 52,35 % (температура наружного воздуха -7 °С).

В период с 1 по 31 декабря было зафиксировано самое большое превышение нижнего концентрационного предела метана 04.12.2017, где в пике концентрация метана составила 58,39 % (температура наружного воздуха составляла -6,33 °С).

С понижением температуры окружающей среды (в январе минимальная температура достигала -15°С, в феврале -33°С, в марте -23°С) метанообразование снизилось, но в целом можно сделать вывод, что такие значения концентраций говорят о том, что даже при низких температурах в теле свалки идет активное газообразование в больших количествах и это необходимо продолжать контролировать, с целью оперативного принятия мер реагирования в случае критического повышения нижнего концентрационного предела метана.

Установленная станция в деревне Судаково направлена в основном на контроль выбросов метана. Он является основным компонентом свалочного газа, но не единственным. В зависимости от морфологического состава полгона выделяемые вещества могут быть разнообразны, но в основном в состав биогаза входят углекислый газ, сероводород, азот, водород, кислород и аммиак. Поэтому в Тульском государственном университете продолжается работа над модернизацией станции для мониторинга полигонов твердых бытовых отходов. В дальнейшем будет расширен спектр определяемых газов в зависимости от состава свалки и необходимости контроля тех или иных веществ.

### Список литературы

1. *Non-CO2 Greenhouse Gases: Scientific Understanding, Control and Implementation* (ed. J. van Ham, Springer 2000, ISBN 9780792361992): 4. Impact of

*methane on climate, page 30 «On a molar basis, an additional mole of methane in the current atmosphere is about 24 times more effective at absorbing infrared radiation and affecting climate than an additional mole of carbon dioxide (WMO, 1999)».*

2. Лейте В. *Определение загрязнений воздуха в атмосфере и на рабочем месте* / В. Лейте; Пер. с нем. А.Ф. Дашкевича; Под ред. П.А. Коузова, В.А. Симонова. – Л.: Химия. Ленинградское отделение, 1980. – 340 с.

3. Панарин В.М., Савинкова С.А., Савинков Д.А. *Система автоматического мониторинга газовой выделенной и температуры рекультивированной свалки // Современные проблемы экологии: доклады XIX международной Международной науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Инновационные технологии, 2017. - С. 41-43.*

## **ГЛИНИСТЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ МИНЕРАЛЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АДСОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

Сорбционная очистка сточных вод алюмосиликатными материалами является в настоящее время перспективным и уже применяемым на практике методом.

Как отмечают многие специалисты, сорбционный метод успешно сочетает высокую, почти невыполнимую другими способами, эффективность извлечения ионов тяжелых металлов и высокую производительность процесса очистки при сравнительно небольших материальных и энергетических затратах. Преимуществом сорбционной технологии является простота аппаратного оформления и вероятность внедрения автоматизации процесса как в целом, так и отдельных его частей.

Сорбция тяжелых металлов, согласно Смирнову А.Д. [1], целесообразна в низкоконцентрированных растворах. Согласно правилу Панета, ионной решеткой хорошо адсорбируются из раствора те ионы, которые способны давать с ионами обратного знака, входящими в состав решетки, малорастворимое соединение, при этом чем менее растворимо это соединение, тем энергичней и полней будет адсорбция.

Возможность сорбции ионов в сильной степени зависит от соотношения знаков их электрического заряда и знака заряда поверхности частицы сорбента. Ион будет успешно сорбироваться лишь в том случае, если знак его заряда противоположен знаку заряда поверхности сорбирующей частицы. При одинаковых знаках заряда сорбция будет отсутствовать даже в том случае, когда ион образует с электропротивоположной составной частью поверхности частиц осадка весьма малорастворимое соединение. Поэтому правило Панета [2] дополняется адсорбционным законом Хана: ион адсорбируется поверхностью кристалла в том случае, если поверхность кристалла имеет заряд, противоположный заряду сорбируемого иона, при этом адсорбция тем сильней,

чем менее растворимо или диссоциировано соединение, которое может образовать сорбируемый ион с противоположно заряженным ионом решетки.

Присутствие электрического заряда на поверхности частицы обуславливает их существование в виде коллоидов. Двойной электрический слой коллоидных частиц препятствует их слипанию друг с другом и с зернами фильтрующей загрузки. Заряд частиц зависит от состава водной фазы (раствора), в результате адсорбции ионов тяжелых металлов на поверхности твердой частицы сорбентов уменьшается ее заряд или изменяется знак заряда.

Неустойчивость коллоидных систем при контактной фильтрации достигается путем активации поверхности сорбентов химическими соединениями [3], которые способствуют склеиванию коллоидных частиц. Например, поверхность адсорбента Глинт активирована CaO и MgO.

Сорбционная очистка промстоков применяется в тех случаях, когда требуется практически полное извлечение загрязняющих компонентов [1]. Реже она применяется для изъятия из сточных вод одного известного вещества с целью его последующей регенерации и получения товарного продукта, поэтому фильтрование через зернистый слой [4] применяется как отдельный или конечный этап очистки.

В настоящее время единого документа, регламентирующего комплекс требований к зернистым сорбционным материалам пока нет. На каждый новый материал по итогам инструментальных анализов составляется паспорт, на основе которого Министерство природных ресурсов и экологии РФ выдает разрешение на применение этого материала в сооружениях при подготовке воды. Помимо санитарно-гигиенических требований, сорбционные загрузки должны соответствовать ряду технологических требований [5].

При наличии нескольких видов сорбентов для вновь строящихся, реконструируемых или действующих сооружений предпочтение загрузки отдается на основе технико-экономических расчетов. Во внимание принимаются такие факторы, как вероятность увеличения производительности сооружений посредством использования высокоэффективных зернистых загрузок, затраты на транспортировку исходного материала и долговечность материала [5].

Процесс сорбции является избирательным. В соответствии с правилом Панета-Фаянса-Гана [2], осадок адсорбирует из раствора те ионы, которые образуют наименее растворимое или наименее диссоциированное соединение с одним из ионов осадка. Следовательно, необходимо правильно подобрать сорбент, способный образовывать нерастворимые соединения с металлами. Большое значение при таком подборе имеет произведение растворимости образующегося химического соединения. Для того чтобы из раствора произошло выделение в твердую фазу малорастворимого соединения, произведение концентраций (активностей) составляющих его ионов в растворе должно превысить произведение растворимости этого металла.

Подвижность многих микроэлементов в воде зависит от величины водородного показателя (рН), при определенных значениях которого происходит выпадение металлов в осадок. Например, как отмечено в работе А.А. Беуса [6], «в результате природного или антропогенного загрязнения при повышении содержания металлов в водах до значений, превышающих необходимые для

достижения произведения растворимостей соответствующих гидроокисей, повышение рН раствора может вызвать их выделение в осадок».

Чаще всего для сорбционной очистки воды используют активные угли (АУ), получаемые из разнообразного углеродсодержащего сырья (каменные и бурые угли, древесина, полимеры, отходы пищевой, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности) [7]. Однако традиционные сорбенты - активные угли – являются материалами разового использования. Регенерация активированных углей дорогостоящая и трудоемкая операция и в условиях действующих водоочистных сооружений практически невозможна, так как требуется изъятие загрузки из фильтра, восстановление его поверхностной активности за пределами системы очистки на специализированной установке. После регенерации доставка материала назад на водоочистную станцию и засыпка его в сорбционный фильтр. В том случае, если выбирается путь разового использования адсорбентов, кроме существенных затрат на замену материала возникает возможность появления экологической опасности, поскольку для надежного захоронения отработанного загрязненного адсорбента потребуются большие экономические расходы.

Эксплуатационные и экономические недостатки сорбционного метода очистки сточных вод традиционными сорбентами ликвидируются при использовании адсорбентов, обладающих высокой поверхностной активностью зерен, позволяющих восстанавливать сорбционную способность посредством технологически несложной, непродолжительной регенерации, проводимой непосредственно в фильтровальном сооружении [8]. Наиболее эффективной основой для получения адсорбентов с целенаправленно регулируемым свойствами смогут послужить природные алюмосиликатные минералы, так как в их структуру вводятся почти любые добавки органического и минерального происхождения, которые придадут поверхности зёрен необходимые свойства.

Поэтому в настоящее время перспективными адсорбентами для очистки промышленных стоков являются глинистые алюмосиликатные минералы [2] (бентонитовые глины – монтмориллонит и бейделлит, каолинит, биотит, вермикулит и др.).

Глинистые минералы – алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов с химической формулой  $Me_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$ , Me – катион металла, n – его валентность.

Алюмосиликаты имеют трехмерную сетчатую (слоистую или волокнистую) структуру в виде жесткой кристаллической решетки (алюмосиликатный каркас, образованный тетраэдрами  $SiO_4$  и  $AlO_4$ ) со значительными (до 0,7 нм) расстояниями между узлами решетки. Часть ионов  $Si^{4+}$  в решетке изоморфно замещены ионами  $Al^{3+}$ , что создает избыток отрицательного заряда решетки, нейтрализуемый достаточно подвижными катионами натрия, калия, кальция и магния, играющими роль противоионов [2].

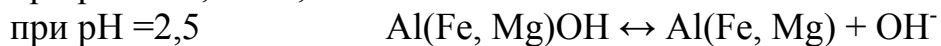
Отличительным и положительным свойством алюмосиликатных минералов является «дефектность» их кристаллической решетки и возможность катионного замещения. Слоистая тетраэдооктаэдрическая структура алюмосиликатов позволяет встраивать катионы не только в свою кристаллическую решетку [8], но и в межслоевые и межплоскостные пространства, а также на



базальные плоскости частиц минерала. Глинистые минералы высокодисперсны, имеют развитую поверхность и являются хорошими сорбентами (особенно для полярных веществ).

Для глинистых минералов вместе с ионным обменом характерны физическая и молекулярная сорбция.

Физическая сорбция характеризуется присутствием некоторого избыточного отрицательного заряда на гранях кристаллов (разорванные связи) и поверхностных гидроксидных групп кислого и основного характера, способных к ионизации по следующим схемам [2]:



Наличие OH-групп обуславливает также отмечаемую у слоистых минералов низкую (0,07- 0,17 мэкв/г) способность к анионному обмену.

При молекулярной сорбции поглощаемые загрязнители находятся между плоскостями пакетов, разрушая первоначальные аквакомплексы, но не меняют строения самих слоев. При этом расстояние между слоями увеличивается, так как глинистый минерал набухает внутриаминарно. Благодаря этому свойству глинистые минералы имеют высокую избирательность к неорганическим ионам и молекулам.

В настоящее время сорбционные процессы с использованием новых фильтрующих материалов, обладающих гарантированными техническими характеристиками – перспективное направление в технологии удаления загрязняющих компонентов из сточных вод [1], где основными загрязнителями являются высокотоксичные соли тяжелых металлов в частности алюминия, цинка, кадмия, олова, свинца, меди, железа, никеля, кобальта, хрома, марганца и др.

### Список литературы

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1981. – 168 с.
2. Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов / А. Аширов. – Л.: Химия, 1983. – 295 с., ил.
3. Долина Л.Ф. Сорбционные методы очистки производственных сточных вод : учеб. пособие / Л.Ф. Долина. – Днепропетровск : ДИИТ, 2000. – 84 с.
4. Егин Н.Л. Углеродный волокнистый сорбент и изделия на его основе / Н.Л. Егин // Вестник машиностроения. – 2001. – № 3. – С. 61-62.
5. Адсорбенты, их получение, свойства и применение / Труды IV Всесоюзного совещания по адсорбентам. Ленинград, октябрь 1976 г. – Л.: Наука, 1978. – 238 с.
6. Беус А.А. Геохимия окружающей среды / А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
7. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах / М.Г. Журба. – М., 1980. – 199 с.
8. Комаров В.С. Адсорбенты: вопросы теории, синтеза и структуры / В.С. Комаров. – Минск, 1997. – 287 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА SIMPLER

Е.Е. Фомина, Н.К. Жиганов  
Тверской государственной технической университет,  
г. Тверь

Непрерывное литье является основным способом получения продукции из цветных металлов. С целью исследования процессов тепло и гидродинамики, происходящих во время заливки жидкого металла в кристаллизатор и затвердевания заготовки, разработано большое число моделей, а также предложены алгоритмы для численного решения определяющих уравнений литья. К таким алгоритмам, прежде всего, относится алгоритм SIMPLER, который дает более быструю сходимость [1-3].

Однако при решении практических задач и реализации алгоритма с использованием ЭМВ на мелкой сетке требуются большие вычислительные затраты, так как расчет полей скорости, давления, температуры и других величин происходит в каждой узловой точке сетки по всему продольному сечению слитка. В связи с этим модификация алгоритма SIMPLER, позволяющая увеличить скорость сходимости и сократить временные затраты на расчет процесса является актуальной.

В работе рассматривался технологический процесс вертикального непрерывного литья цилиндрических заготовок, согласно которому расплавленный металл подается в медный кристаллизатор (кристаллизатор имеет форму цилиндра радиуса  $R$  (м) и длиной  $L_{кр}$  (м)) через отверстие, диаметр которого равен диаметру кристаллизатора. Предусмотрена возможность дополнительного подогрева расплава за счет внешнего источника тепла. Заготовка вытягивается из формы (длиной  $L$ , где  $L > L_{кр}$ ) с постоянной скоростью  $u_{лит}$ . Математическая модель процесса описывалась системой определяющих уравнений, включающих уравнения неразрывности, движения, энергии и граничные условия [4,5].

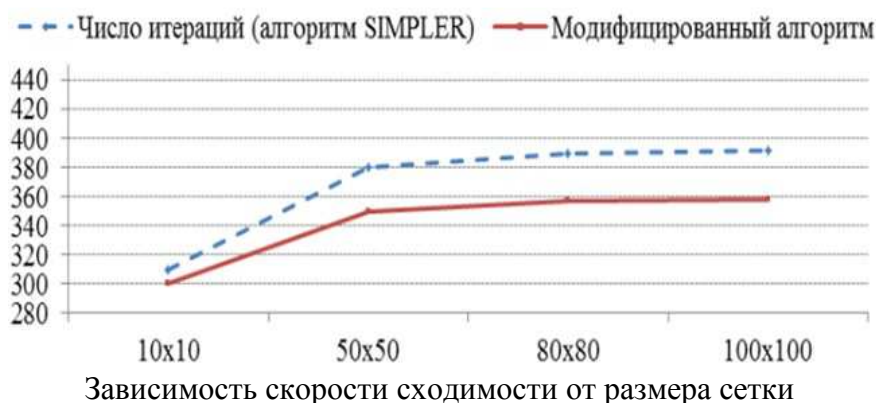
Пространственная дискретизация уравнений осуществлялась методом конечных объемов, описанным в работе С. Патанкара [1].

Для расчета процесса за основу взят алгоритм SIMPLER [1], который был модифицирован исходя из особенностей решаемой задачи и физических соображений. Так как значения температуры, скорости и других величин, рассчитываемых в верхней части слитка, мало влияют на значения этих же величин в нижней его части, то не рационально задавать начальное приближение и просчитывать поле течения сразу по всему продольному сечению слитка, как это осуществляется в алгоритме SIMPLER. Было предложено задавать начальное значение величин на первом сеточном горизонтальном слое (первый сеточный слой совпадает с верхней границей кристаллизатора), пересчитывать их до тех

пор, пока не будет выполнено условие сходимости, а затем переносить информацию на следующий горизонтальный слой. Таким образом, полученные значения будут выступать в качестве начального приближения для расчета значений величин на следующем слое. Такая процедура проводится до последнего слоя, а затем проверяется условие сходимости уже по всему слитку. В результате, информация будет передаваться постепенно сверху вниз (вертикально), с текущего слоя на следующий, по направлению движения расплава, исходя из физических особенностей процесса. Данная процедура позволила увеличить скорость сходимости и сэкономить временные затраты.

Для проверки работы алгоритма разработан программный комплекс [6]. Адекватность математической модели и предложенного метода была подтверждена выполнением условия адекватности по критерию Фишера для глубины зоны затвердевания [4,5], расчет которой осуществляется в программном комплексе [6], а экспериментальные значения были взяты из [7].

Исследовалась скорость сходимости при решении задачи с использованием алгоритма SIMPLER и с использованием его предложенной модификации (рисунке).



Как видно из графика, модификация алгоритма, которая предполагает последовательный перенос рассчитанных значений величин от текущего горизонтального слоя к следующему слою и использование этих значений в качестве начального приближения для расчета новых значений позволяет увеличить скорость сходимости за счет уменьшения числа итераций.

Исходя из вышесказанного, данный модифицированный метод целесообразно применять при решении задач моделирования процессов непрерывного литья цветных металлов. Предложенная модификация будет уместной и для моделирования теплогидродинамики процесса горизонтального литья металлов. В качестве первой сеточной линии, на которой задается начальное приближение, будет выступать вертикальная линия, совпадающая с той границей, начиная от которой идет движение расплава. Далее информации о значениях величин будет передаваться горизонтально от слоя к слою по направлению вытягивания слитка.

Таким образом, работе была предложена модификация алгоритма SIMPLER применительно к решению системы определяющих уравнений, описывающих процесс непрерывного литья цилиндрических заготовок из цветных металлов. Было установлено, что предложенная модификация метода

увеличивает скорость сходимости, следовательно, возможно ее применение для конструирования и расчета процессов непрерывного вертикального литья.

### **Список литературы**

1. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Патанкар. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 152 с.
2. Есаулов А.Н. О маршевом методе решения уравнений Навье-Стокса на многопроцессорных вычислительных системах / А.О. Есаулов, А.В. Старченко. Научный сервис в сети Интернет: решение больших задач: Труды Всероссийской научной конференции (22-27 сентября 2008 г., г. Новороссийск). - М.: Изд-во МГУ, 2008. - С. 338-341.
3. Мартыненко С.И. Совершенствование вычислительных алгоритмов для решения уравнений Навье-Стокса на структурированных сетках / С.И. Мартыненко. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Естественные науки», №2, 2008. - С. 78-94.
4. Жиганов Н.К. Моделирование и оптимизация процессов дискретно-непрерывного литья цветных металлов и их сплавов: монография / Н.К. Жиганов, И.Н. Вольнов, Е.Е. Фомина, А.Н. Жиганов. - Тверской государственный технический университет, 2009. - 107 с.
5. Жиганов Н.К. Моделирование процессов непрерывного литья цветных металлов и их сплавов: монография / Н.К. Жиганов, И.Н. Вольнов, Е.Е. Фомина. - Тверской государственный технический университет, 2007. - 222 с.
6. «Моделирование и оптимизация процессов получения кристаллических заготовок из цветных металлов методами непрерывного литья». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013616906 от 25 июля 2013 г.
7. Добаткин В.И. Непрерывное литье и литейные свойства сплавов / В.И. Добаткин. - ОБОРОНГИЗ, 1948. - 154 с.

## **К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗИНОВЫХ МЕМБРАН МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Д.В. Куделин, Т.Н. Несиоловская  
Ярославский государственный технический университет,  
г. Ярославль

Использование метода конечных элементов (МКЭ) в настоящее время стало неотъемлемой частью процесса проектирования изделий в различных отраслях промышленности. Данный метод позволяет в сравнительно короткие сроки провести анализ напряженно-деформированного состояния нескольких вариантов конструкции изделия и выбрать наиболее удачный без проведения дорогостоящих натурных испытаний. Для проведения конечно-элементного расчета в первую очередь требуется определить свойства материалов, из которых выполнено изделие. От того насколько корректно это будет сделано во многом зависит качество самого анализа. В данной работе МКЭ использовался

применительно к резиновым мембранам, которые широко используются в качестве рабочего органа измерительной аппаратуры, регуляторов давления, насосов, демпфирующих элементов и др. Правильность и длительность работы такого оборудования во многом определяется прочностью и долговечностью наиболее важного его компонента - резиновой мембраны. Специфика свойств мембран обуславливает широкий спектр применяемых для их изготовления каучуков и ингредиентов.

При разработке новых рецептур мембран, чаще всего, применяют стандартные методы определения физико-механических характеристик резин, большинство из которых предполагают испытание материала в условиях простого одноосного растяжения-сжатия. В то же время, в реальных условиях эксплуатации эластомерная составляющая мембран, воспринимающая внешние нагрузки, находится в условиях сложнапряженного состояния. Это несоответствие испытательных методов и условий работы изделий существенно усложняет анализ их поведения в процессе эксплуатации.

Было предложено реализовывать сложнапряженное состояние резиновой мембраны путем её индентирования стальным полированным шарообразным индентором с помощью реверсивной приставки к разрывной испытательной машине [1]. Выбор метода был обусловлен следующими критериями:

- условия нагружения образца должны отражать реальные условия нагружения изделия;
- на одном типе образца можно определить деформационные, а также предельные характеристики материала;
- испытания можно проводить на существующем стандартном оборудовании с применением недорогих адаптированных приставок;
- условия испытания должны обеспечить высокую точность и достоверность результатов.

Подобный метод нагружения описан в работе Хромова М.К [2], но с применением инденторов небольшого диаметра (до 8 мм), что приводит к прорыву образца в предельном состоянии. Для того чтобы избежать этого вида разрушения, в настоящей работе использовался индентор диаметром 27 мм, позволяющий образцу растягиваться по поверхности шарообразного индентора.

Образцы для испытания представляли собой круглую мембрану с диаметром рабочего участка 65 мм и толщиной 1 мм.

В качестве объекта исследования была выбрана резиновая смесь на основе каучука СКИ-3, наполненная 40 мас.ч. активного технического углерода N339.

Индентирование мембраны позволяет реализовать неоднородное напряженно-деформированное состояние, поэтому определить абсолютные значения физико-механических показателей на основании только экспериментальных данных не представляется возможным. По этой причине в работе использовался комплексный подход к моделированию, сочетающий экспериментальные исследования и расчетный метод посредством пакета для конечно-элементного анализа. Экспериментальная работа включала в себя получение кривой «напряжение – удлинение» при одноосном растяжении для расчета параметров упругого потенциала Йоха (1), представляющего собой разумный компромисс между точностью аппроксимации деформационной

кривой и устойчивостью в различных напряженно-деформированных состояниях [3], и индентирование резиновой мембраны до разрушения с целью получения значений максимальных перемещений индентора.

$$F = \sum_{i=1}^3 C_{i0} (\bar{I}_1 - 3)^i + \sum_{i=1}^3 \frac{1}{D_i} (J_{el} - 1)^{2i} \quad (1)$$

где  $\bar{I}_1$  – первый девиаторный инвариант тензора деформации;

$J_{el}$  – упругая объёмная кратность деформации;

$C_{i0}$  – константы, характеризующие свойства материала;

$D_i$  – параметр, характеризующий объёмную сжимаемость материала.

Решение задачи о напряжённо-деформированном состоянии резинового образца в виде плоского диска, закреплённого по внешнему периметру и продавливаемого в центре сферическим индентором, осуществлялось методом конечных элементов в осесимметричной постановке.

Для проведения расчета экспериментальные зависимости «напряжение-деформация», полученные при одноосном растяжении, аппроксимировались рядами ортогональных многочленов Лежандра (2).

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{dx^n} (x^2 - 1)^n \quad (2)$$

Они удовлетворяют рекуррентному соотношению (3):

$$P_{n+1}(x) = \frac{2n+1}{n+1} x P_n(x) - \frac{n}{n+1} P_{n-1}(x). \quad (3)$$

При этом  $P_0(x) = 1, P_1(x) = x$ .

По уравнению (2) были найдены выражения при  $n$  от 2 до 9. На основании этих выражений была получена зависимость напряжения от деформации (4):

$$\begin{aligned} f = & L_0 + L_1 x + L_2 \left( \frac{3}{2} x^2 - \frac{1}{2} \right) + L_3 \left( \frac{5}{2} x^3 - \frac{1}{2} x \right) + L_4 \left( \frac{5}{2} x^4 - \frac{1}{2} x^2 + \frac{3}{8} \right) \\ & + L_5 \left( \frac{63}{8} x^5 - \frac{35}{4} x^3 + \frac{15}{8} x \right) \\ & + L_6 \left( \frac{231}{16} x^6 - \frac{315}{16} x^4 + \frac{105}{16} x^2 - \frac{5}{16} \right) \\ & + L_7 \left( \frac{429}{16} x^7 - \frac{693}{16} x^5 + \frac{315}{16} x^3 - \frac{35}{16} x \right) \\ & + L_8 \left( \frac{6435}{128} x^8 - \frac{3003}{32} x^6 + \frac{3465}{64} x^4 - \frac{315}{32} x^2 + \frac{35}{128} \right) \\ & + L_9 \left( \frac{12155}{128} x^9 - \frac{6435}{32} x^7 + \frac{9009}{64} x^5 - \frac{1155}{32} x^3 + \frac{315}{128} x \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $x$  – нормированная деформация, которая связана с кратностью растяжения выражением (5):

$$x = \frac{\lambda - x_0}{\Delta x}, \quad (5)$$

где  $x_0 = \lambda_0 + \Delta x$ ;  $\Delta x = \frac{\lambda_k - \lambda_0}{2}$ ;  $\lambda_0, \lambda_k$  – начальная и конечная кратность растяжения соответственно.

Используя экспериментальные массивы напряжения  $f_i$  и деформации  $\lambda_i$  методом наименьших квадратов для каждого испытанного образца, вычислялись оценки параметров  $L_0, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9$ . Также были рассчитаны зависимости  $f(\lambda)$  с числом параметров от 1 до 9, отвечающих последовательным членам уравнения (4). На основании вычисленных коэффициентов полинома Лежандра вычисляются параметры потенциала Йоха ( $C1, C2$  и  $C3$ ), применяемого в пакете для конечно-элементного анализа.

Результаты расчета позволили проанализировать распределение напряжений и деформаций в мембране и выявить наиболее опасные зоны сечения.

На рисунке показано распределение напряжений в мембране при нагружении индентором и характер разрушения реального образца.

Конечно, элементный анализ показал, что зона максимальных напряжений находится на некотором удалении от центра мембраны. Учитывая, что модель является двухмерной, в трехмерном измерении эта область будет представлять собой кольцо, соответственно, характер разрушения образца должен иметь вид «просечки» диска в центральной части, что действительно и наблюдается на практике.

Удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных позволяет судить о правильности выбранного подхода к моделированию напряженно-деформированного состояния мембран.



*Примечание: кругом показана зона с максимальными значениями напряжений*

Распределение напряжений в мембране и характер разрушения реальных образцов

### Список литературы

1. Несиоловская Т.Н. Комплексный подход к проектированию тонкостенных резиновых изделий / Т.Н. Несиоловская, Д.В. Куделин // Научно-технический вестник Поволжья. № 2. - Казань, 2012. - С. 229-233.

2. Хромов М.К., Богомолова Н.А., Андреев В.И. Исследования разрушения резин при прорыве // Каучук и резина. – 1973. – № 10. – С. 25-28.

3. Yeoh O.H. Some Forms of the Strain Energy Function for Rubber // Rubber Chemistry and Technology, 1993. V. 66. P. 754-771.

## МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЯЗКИХ СРЕД В СТАТИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЯХ

О.Г. Дударовская

Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань

Перспективным направлением развития процессов приготовления различных композиций является использование в качестве смесительного оборудования проточных статических смесителей. Они используются как для простого перемешивания широкого класса взаимно растворимых жидкостей, суспензий и эмульсий, так и в процессах с тепло- и массообменом. Для эффективного проведения процесса смешения используют статические смесители насадочного типа.

Представляется целесообразным использование ячеечной модели для описания структуры потока в насадочном слое. Параметром ячеечной модели, количественно характеризующим продольное перемешивание, служит число ячеек полного перемешивания  $n$  [1,2].

Выражение для числа ячеек  $n$  полного перемешивания, связанное с числом Пекле  $Pe_H$ , имеет вид [3]

$$n = \frac{Pe_H^2}{2[Pe_H - 1 + \exp(-Pe_H)]}, \quad (1)$$

где  $Pe_H$  – число Пекле для канала с насадкой длиной  $H$ .

Запишем полуэмпирическую формулу определения числа Пекле для насадки с использованием выражений  $Pe_3 = u_{cp} d_3 / D_{3ф}$  и эффективного коэффициента перемешивания  $D_{3ф} = 1,92\nu Re_3^{0,75} \xi^{0,25}$  [4]

$$Pe_3 = B(Re_3 / \xi)^{0,25}, \quad (2)$$

где  $Re_3$  – число Рейнольдса;  $\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления насадочного слоя;  $u_{cp}$  – средняя скорость среды в насадочном слое, м/с;  $d_3$  – эквивалентный диаметр насадки, м;  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с.

В выражении (2) коэффициент  $B$  идентифицирован в результате сравнения с экспериментальными данными [4]. После идентификации с обобщенными экспериментальными данными [4] значение коэффициента установлено равным  $B = 0,52 (\pm 20\%)$ .

Для канала с насадкой длиной  $H$  с учетом  $D_{3ф}$  число Пекле получит вид



$$Re_H = \frac{H}{d_3} Re_3, \quad (3)$$

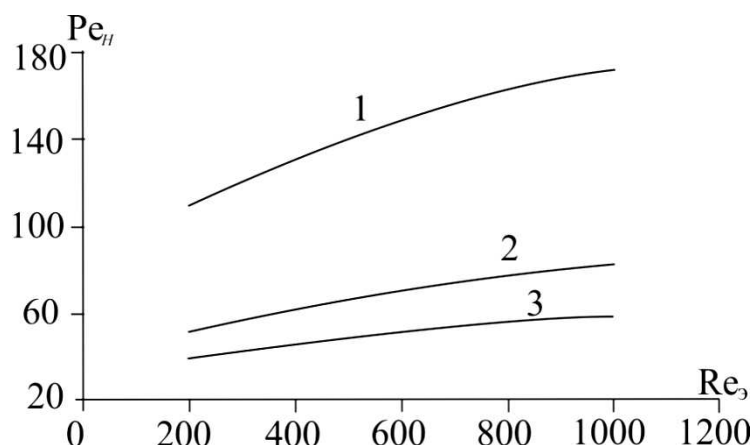
или

$$Re_H = 0,52(Re_3/\xi)^{0,25} \frac{H}{d_3}. \quad (4)$$

Далее рассмотрим описанный выше подход для определения эффективности смешения в статических смесителях с хаотичным насадочным слоем.

Примем: рассматриваемая среда – вода – дисперсная фаза (частицы); свойства среды:  $t = 20^\circ \text{C}$ ;  $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $d_q = 10^{-5} \text{ м}$ ;  $\rho_q = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; хаотичные насадочные слои состоят из: стальных шаров (разм. 14 мм); стальных колец Палля (разм.  $15 \times 15 \text{ мм}$ ); стальных колец Рашига (разм.  $15 \times 15 \text{ мм}$ ); длина насадочного слоя  $H = 0,4 \text{ м}$ .

На рисунке дана зависимость числа Пекле  $Re_H$  от числа Рейнольдса  $Re_3$  для различных насадок.



Зависимость числа Пекле  $Re_H$  от числа Рейнольдса  $Re_3$ :

1 – стальные шары (разм. 14 мм;  $d_3 = 0,006 \text{ м}$ ); 2 – стальные кольца Палля (разм.  $15 \times 15 \text{ мм}$ ;  $d_3 = 0,01 \text{ м}$ ); 3 – стальные кольца Рашига (разм. 15 мм;  $d_3 = 0,012 \text{ м}$ ).

Чем меньше значение числа Пекле  $Re_H$ , тем эффективнее происходит процесс смешения. Соответственно, наибольшая эффективность наблюдается у стальных колец Палля и колец Рашига.

### Список литературы

1. Гельперин Н.И. Структура потоков и эффективность колонных аппаратов химической промышленности / Н.И. Гельперин, В.Л. Пибалк, А.Е. Кастанян. – М.: Химия, 1977. – 264 с.
2. Кафаров В.В. Основы массопередачи / В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1979. – 439 с.
3. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
4. Лаптев А.Г., Фарахов Т.М., Дударовская О.Г. Модели турбулентной вязкости и перемешивания в каналах и насадочных проточных смесителях // Журнал прикладной химии. - 2013. - Т.86, №7. - С.1112-1131.

# РАСЧЕТ МАССОПЕРЕНОСА В КАНАЛЕ С НАСАДКАМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ

О.Г. Дударовская

Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань

Для значительной части технологических процессов в стационарном насадочном слое, протекающих с движением через этот слой жидкости, характерно непостоянство концентрации в объеме слоя, как в пространстве, так и во времени.

В химической технологии при описании процессов тепломассопереноса в каналах с насадками наибольшее применение получила диффузионная модель [1,2].

Преимуществом диффузионных моделей является то, что не требуется решение системы уравнения движения, т.к. используется средняя скорость среды, а неравномерности полей скоростей учитываются параметрически за счет коэффициентов перемешивания. Однако даже в такой постановке требуются сложные экспериментальные исследования коэффициентов перемешивания  $D_{п(x)}$ ,  $D_{п(y)}$  и  $D_{п(r)}$ .

В связи с этим, наибольшее применение находит однопараметрическая диффузионная модель, где коэффициент обратного перемешивания  $D_{п}$  фактически интегрально учитывает все неравномерности в аппарате.

Уравнение однопараметрической диффузионной модели при стационарном режиме с объемным источником массы компонента имеет вид [1]

$$u_{ср} \frac{dC}{dx} = D_{п} \frac{d^2C}{dx^2} \pm R_c, \quad (1)$$

где  $D_{п}$  – коэффициент обратного или продольного перемешивания, который учитывает и вклад поперечного перемешивания, возможные застойные зоны, рецикл, байпас и т.д.;  $R_c$  – источник массы, который определяет переход массы компонента из одной фазы в другую и позволяет учитывать характеристики насадок; знак  $\pm$  – зависит от притока или стока компонента (массы).

Если число Пекле  $Pe_H > 20$ , то используется модель идеального вытеснения, которая следует из (1) при  $D_{п} = 0$ .

Уравнение модели идеального вытеснения имеет вид

$$\frac{dC}{dx} = \pm R_c. \quad (2)$$

Аналитическое решение уравнения (2) идеального вытеснения примет вид (если основное сопротивление массопередачи сосредоточено в сплошной фазе) [2]

$$\eta = 1 - \exp(-N) = 1 - \exp\left(-\frac{\beta F}{V_c}\right), \quad (3)$$

где  $N$  – число единиц переноса;  $\beta$  – коэффициент массоотдачи, м/с;  $F$  – площадь межфазной поверхности каплей, м<sup>2</sup>;  $V_c$  – расход сплошной среды, м<sup>3</sup>/с.

Значение межфазной поверхности каплей в слое с насадкой можно определить через удельную поверхность каплей  $F = SHa_v$ , где  $a_v = 6\varphi_{ж}\varepsilon_{св} / d_k$ , м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>,  $\varphi_{ж}$  – относительное объемное содержание дисперсной фазы (капель) м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $\varepsilon_{св}$  – удельный свободный объем, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $d_k$  – диаметр капли, м;  $H$  – длина насадочного слоя, м.

Тогда выражение (3) запишем в виде [3]

$$\eta = 1 - \exp\left(-6 \frac{\beta\varphi_{ж}\varepsilon_{св}SH}{d_k V_c}\right) = 1 - \exp\left(-6 \frac{\beta\varphi_{ж}\varepsilon_{св}H}{d_k W_0}\right). \quad (4)$$

При значениях скорости  $u_{ср} < 0,5$  м/с средний диаметр капли можно вычислить, используя известное полуэмпирическое выражение [4]

$$d_k = 0,38 \left(\frac{\sigma}{\Delta\rho g}\right)^{0,5}, \quad (5)$$

где  $\sigma$  – межфазное натяжение, Н/м;  $\Delta\rho$  – разность плотностей, кг/м<sup>3</sup>.

Значение диаметра капли начинает зависеть от скорости среды при  $u_{ср} > 0,5$  м/с [4]. Тогда средний размер капли приближенно можно записать [4]

$$d_k \approx 0,36 \left(\frac{\sigma}{\rho_c}\right)^{0,6} \varepsilon^{-0,4}. \quad (6)$$

Рассмотрим определение эффективности массопередачи в случае турбулентного прямого тока в канале с хаотичной насадкой.

Примем: система вода (сплошная фаза) – анилин – ксилол;

насадка: кольца Палля (разм. 15 мм;  $a_v = 368$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>);

длина канала с насадкой  $H = 2$  м;

скорость сплошной среды варьировалась  $u_{ср} = 0,08 - 0,15$  м/с и более;

средний размер капли  $d_k$  в насадке находим по выражению (5);

относительное содержание дисперсной фазы: 1 –  $\varphi_{ж} = 0,05$ ; 2 –  $\varphi_{ж} = 0,1$ ;

3 –  $\varphi_{ж} = 0,15$ ;

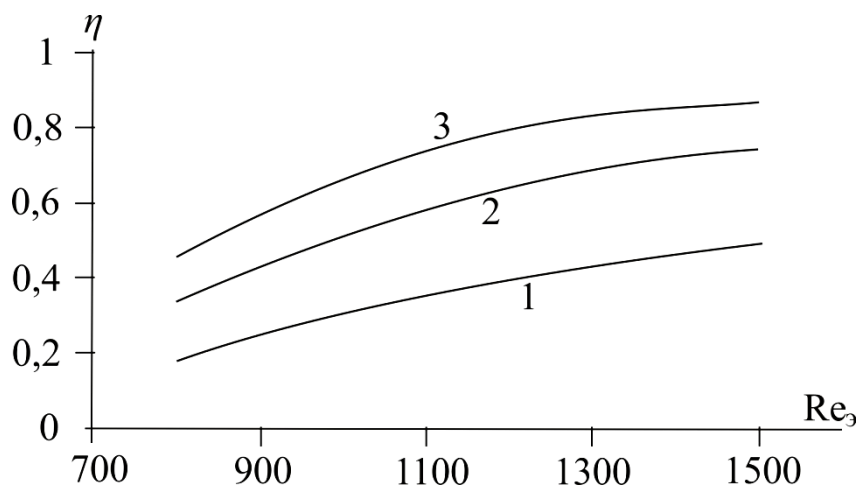
коэффициент массоотдачи в сплошной фазе  $\beta$  находим по выражению [3]

$$\beta = 0,5u_{ср} \left(\frac{\xi}{2Re_3}\right)^{0,25} Sc^{-0,5}, \quad (7)$$

эффективность массопереноса находим по выражению (4).

На рисунке представлена зависимость эффективности массоотдачи для системы вода (сплошная фаза) – анилин – ксилол от числа Рейнольдса  $Re_3$ .

Приведенные выражения для расчета коэффициентов массоотдачи от каплей в турбулентной среде позволяют произвести расчет эффективности процесса экстракции при турбулентном прямого тока в пустотелых каналах и каналах с насадкой.



Зависимость эффективности массоотдачи  $\eta$  от числа Рейнольдса  $Re_3$ : 1 –  $\varphi_{ж} = 0,05$ ; 2 –  $\varphi_{ж} = 0,1$ ; 3 –  $\varphi_{ж} = 0,15$ . Расчет по выражению (4)

В целом проведение процесса экстракции в турбулентном прямотоке в каналах с насадками позволяет повысить эффективность извлечения компонентов за счет увеличения коэффициентов массоотдачи при относительно простом аппаратном оформлении.

### Список литературы

1. Александров И.А. Массопередача при ректификации и абсорбции многокомпонентных смесей / И.А. Александров. – Л.: Химия, 1975. – 320 с.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. М.: Химия, 1976. – 656 с.
3. Дударовская О.Г. Модели интенсифицированного теплообмена и смешения сред в каналах с хаотичными насадочными слоями: дис.....канд. техн. наук. - Казань, 2016. - 202 с.
4. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах: физические основы и инженерные методы расчета / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин  
 Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,  
 г. Чебоксары

Коллоидное состояние характерно для многих веществ в природе. Широко распространены коллоидные системы, в которых дисперсионная среда - жидкость. Водные коллоидные растворы играют важную роль в теплоэнергетике: водоподготовка, очистка сточных вод, в том числе и в сельском хозяйстве как стимуляторы для предпосевной обработки семян. В основе большинства

конденсационных методов получения коллоидных растворов лежат разнообразные химические реакции: окисления, восстановления, реакция обменного разложения, гидролиза, в том числе метод замены растворителя. Данным методом при добавлении спиртового раствора канифоли в воду при энергичном перемешивании получали прозрачный опалесцирующий золь. Канифоль растворима в спирте, но не растворима в воде, при замене спирта водой молекулы растворенного вещества соединяются в агрегаты коллоидных размеров. Студентам были заданы вопросы: 1) к какому методу получения коллоидных систем относится метод получения золя канифоли; 2) что такое конус Тиндаля. Ответы: 1) конденсационный метод (метод замены растворителя); 2) используя фонарик, обучающиеся наблюдали опалесценцию и конус Тиндаля коллоидного раствора. В отличие от истинных растворов для золь характерно явление Тиндаля: при пропускании через золь пучка света появляется светлый конус, видимый в темном помещении в результате светорассеяния коллоидными частицами. Далее обучающиеся должны зарисовать строение образующейся коллоидной частицы и определить ее знак заряда методом капиллярного анализа. Совместно с обучающимися младших курсов логическим продолжением лабораторных исследований явилось изучение стимулирующих свойств золя канифоли для предпосевной обработки семян пшеницы.

На протяжении более 25 лет была проведена широкая производственная проверка препаратов серии «бальзам» на основе канифоли, которые обладают многосторонним биологическим действием: возмещают недостаток в организме микроэлементов (железа, меди, кобальта, марганца, цинка), положительно влияют на иммунобиологическое состояние и повышают резистентность организма к действию неблагоприятных факторов окружающей среды, что выражается в повышении продуктивности животных и птиц.

Применение наукоемких инновационных образовательных технологий в процессе обучения способствует саморазвитию, самореализации и развитию личностных качеств студентов.

### Список литературы

1. Тремасов П.И., Заживихина Е.И., Маркова С.А., Ситулина И.Г., Киселев И.М. Применение некоторых абиеатов металлов для повышения продуктивности в сельском хозяйстве // *Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 1997. – С. 229-231.

2. Читнаев Е.Л., Заживихина Е.И., Маркова С.А. Неорганические вещества, их биологическая активность // *Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 1997. – С. 232-233.

3. Заживихина Е.И., Сошитов К.С., Смирнова С.Н., Маркова С.А., Клейменов Д.Я., Блинова К.Н. Патент РФ № 2122810 // Бюл. №34 от 10.12.1998.

4. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Смирнова С.Н., Сошитов К.С., Клейменов Д.Я., Блинова К.Н. Патент РФ № 2123355 // Бюл. № 35 от 20.12.98.

5. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Смирнова С.Н., Сошитов К.С. Патент РФ № 2128926 // Бюл. №11 от 20.04.99.

6. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Применение биологически активных веществ на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц // Химико-лесной комплекс – научное кадровое обеспечение в XXI веке. Проблемы и решения. Международная научно-практическая конференция. Сборник статей по материалам конференции. – Красноярск: СибГТУ, 2000. – С. 287-289.

7. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Папуниди К.Х. Влияние препарата «Сувар» на минеральный обмен у телят // XVIII съезд физиологического общества им. И.П. Павлова: Тез. докл. – Казань; М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – С 339.

8. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Изучение биологической роли препарата «Сувар» на телятах // Семейная медицина в современных условиях: Материалы научно-практической конференции Приволжского Федерального округа. - Чебоксары: Изд-во Чуваши. ун-та, 2002. – С. 212-213.

9. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Основные лесохимические продукты, используемые для МЭП // Наука в XXI веке: Тезисы докладов республиканской научно-практической конференции по химии. – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 2002. - С. 84-85.

10. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Комплексное применение препарата «Сувар» с дезинфицирующим препаратом «Бальзам-ЭКБ» // Семейная медицина в современных условиях: материалы научно-практической конференции Приволжского Федерального округа. - Чебоксары: Изд-во Чуваши. ун-та, 2002. – С. 213-214.

11. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Усовершенствованный способ получения микроэлементного препарата «Сувар» на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц // НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ 2005: Матеріали Міжнародної науково-прктичної конференції «Наука та інновації – 2005. Том 2. Біологія, хімічні технології. Дніпропетровськ: Наука і освіта. 2005. – С. 65-67.

12. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Биологическая роль некоторых микроэлементов // Актуальные проблемы современного естествознания: Материалы Всерос. научно-практической конференции / под ред. Л.Н. Воронова, Н.В. Хураськиной, А.А. Шуканова. – Чебоксары: Чувашгоспедуниверситет им. И.Я. Яковлева, 2006. – С. 148-151.

13. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Комплексное применение препарата «Бальзам-ЭКБ» с микроэлементным препаратом «Сувар» // Глобальные проблемы экологизации в Европейском сообществе: Сборник трудов Международной конференции, посвященной 10-летию образования Международного информационно-экологического парламента. – Казань, 28-29 сентября 2006. – С. 200-201.

14. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. О биологической роли абиетата натрия // Современные проблемы химии и защиты окружающей среды: Тезисы докладов региональной научно-практической конференции. – 2007. – С. 94-95.

15. Маркова С.А., Заживихина Е.И. Изучение дезинфицирующей способности «Бальзам-ЭЖБ» на телятах // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2007, № 2 (32). – С. 75-76..

16. Заживихина Е.И. Синтез и исследование биологически активных препаратов (макро-, микро-, ультраэлементов) на основе терпеноидов / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // Научно-практическая Республиканская конференция «Наука в развитии села». – Чебоксары: Изд-во ЧувГСХА, 2009. – С. 77-80.

17. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Никифорова Е.С. Количественное определение меди в органических объектах // Сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием «Наука и образование»: теория и практика. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та, 2012. - С.80-81.

18. Заживихина Е.И., Смирнова С.Н., Маркова С.А. Синтез и биологическая роль препаратов меди // Актуальные вопросы фармацевтики и фармацевтического образования в России: сб. материалов Всерос. конф. с междунар. участием. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. - С. 25.

19. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Смирнова С.Н. Количественные методы определения элементов // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XX международной научн.-техн. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2016. - С. 77-80.

20. Заживихина Е.И., Маркова С.А. Синтез медной соли ПАБК // Современные проблемы экологии: доклады XVII Междунар. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2017. – С. 110-111.

21. Заживихина Е.И. Гидрометасиликат натрия / Заживихина Е.И., Маркова С.А., Смирнова С.Н. Современные проблемы экологии: доклады XVII Междунар. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2017. – С. 109-110.

## **МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ БЛОК АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА, ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО КАНАЛАМ СОТОВОЙ СВЯЗИ О СОСТОЯНИИ УТИЛИЗИРОВАННОЙ СВАЛКИ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

А.А. Маслова, С.А. Савенкова, М.М. Камышина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

На кафедре охраны труда и окружающей среды Тульского государственного университета разработана система автоматизированного контроля температуры и загазованности в отходящей трубе для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов. Внедрение автоматизированной системы мониторинга позволит осуществлять непрерывный оперативный контроль в реальном масштабе времени на полигоне за счет установленных датчиков температуры и газа.

Задачи, решаемые автоматизированной системой экологического мониторинга:

- сбор, обработка и хранение информации с датчиков контроля;
- экологический анализ информации;
- выработка управленческих решений по предотвращению негативных последствий в случае повышения концентрации свалочного газа или возгорания в теле свалки.

Принцип работы заключается в следующем. Накопление экологических данных на сервере осуществляется с помощью стационарных постов соединенных с сервером с помощью сетей сотовой мобильной связи.

Информационные модули, составляющие систему мониторинга:

- подсистема сбора информации;
- подсистема передачи информации;
- подсистема обработки информации и её отображения.

Подсистема сбора информации предназначена для снятия информации с датчиков осуществляющих замеры концентрации газа и температуры.

В качестве системы сбора информации используется ArduinoUno – флагманская платформа для разработки на базе микроконтроллера ATmega328P.

Подсистема передачи информации предназначена для передачи информации с поста на сервер, на котором она записывается в серверную базу данных.

В качестве подсистемы передачи данных является GPRS Shield – это плата расширения, позволяющая Arduino работать в сетях сотовой связи по технологиям GSM/GPRS для приёма и передачи данных, SMS и голосовой связи.

Последняя подсистема предназначена для обработки информации на сервере, что в дальнейшем позволяет использовать информацию из базы данных с помощью сайта, доступ к которому будет осуществляться через логин и пароль. Срок хранения информации составляет 2 года.

Станция мониторинга состоит из следующих элементов:

- аккумулятор;
- набор датчиков (температуры, газа и т.д.);
- микроконтроллер ArduinoUno R3;
- плата расширения для передачи данных по мобильной связи;
- сервер для обработки данных;
- база данных;
- оператор или лицо, принимающее решение.

Установка подобных модулей системы по территории рекультивированной свалки обеспечит контроль за концентрацией газа и температурой, позволив предотвратить развитие негативных ситуаций на полигоне (рис.1)[1].

Одним из составных блоков системы является микропроцессорный блок автоматического сбора, обработки и передачи данных по каналам сотовой связи о состоянии утилизированной свалки коммунальных отходов, который включает в себя автономный контроллер для мониторинга технологических параметров объектов газораспределения или автономной газификации.



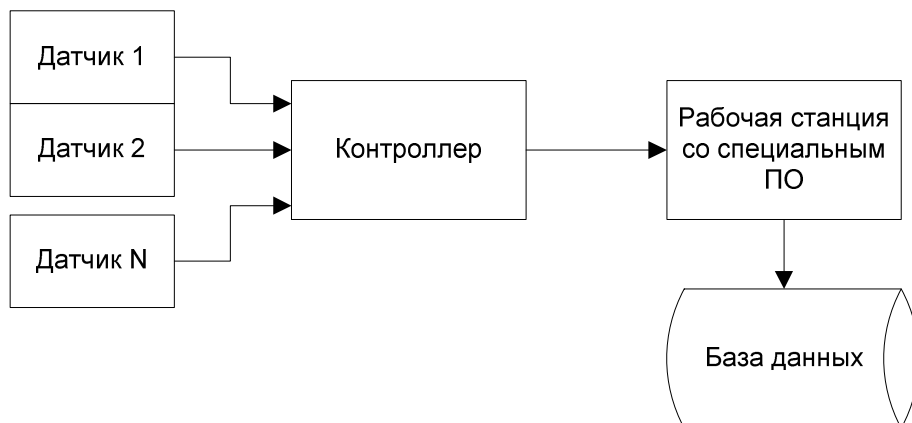


Рис.1. Структура станции мониторинга

Автономный контроллер предназначен для мониторинга технологических параметров объектов газораспределения или автономной газификации, с возможностью размещения оборудования во взрывоопасной зоне, и передачей данных по беспроводным каналам связи (рис. 2) [2].

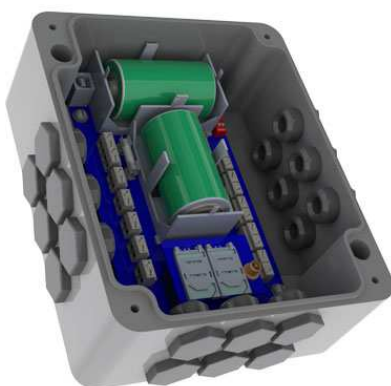


Рис.2. Автономный контроллер для мониторинга технологических параметров объектов газораспределения или автономной газификации

Микропроцессорный блок автоматического сбора, обработки и передачи данных по каналам сотовой связи о состоянии утилизированной свалки коммунальных отходов представлен на рис. 3-7.

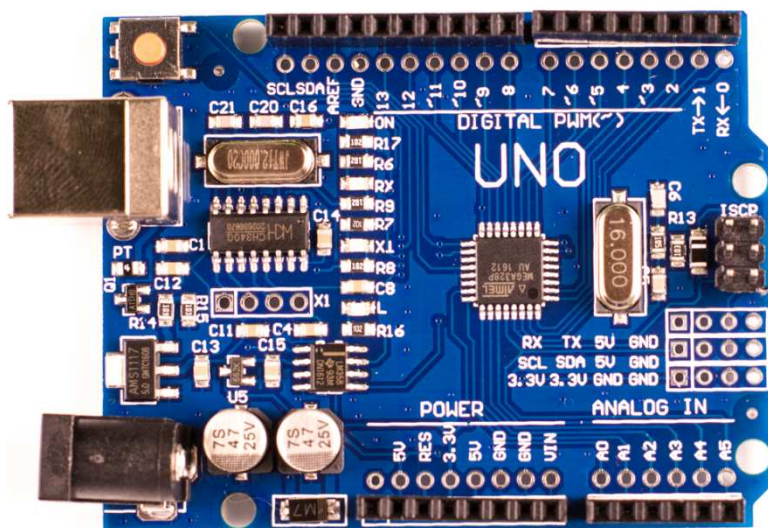


Рис. 3. Аппаратная платформа ArduinoUno R3



Рис.4. Стабилизатор напряжения

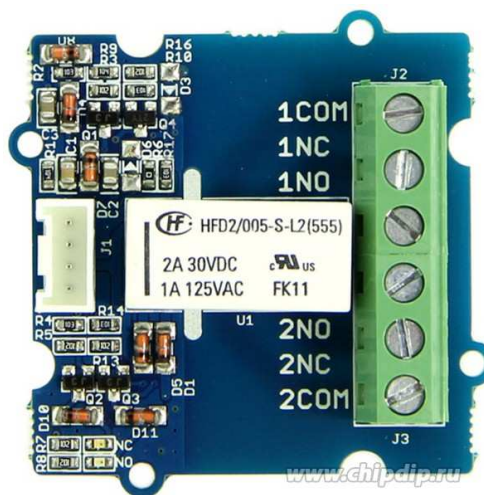


Рис.5. Реле

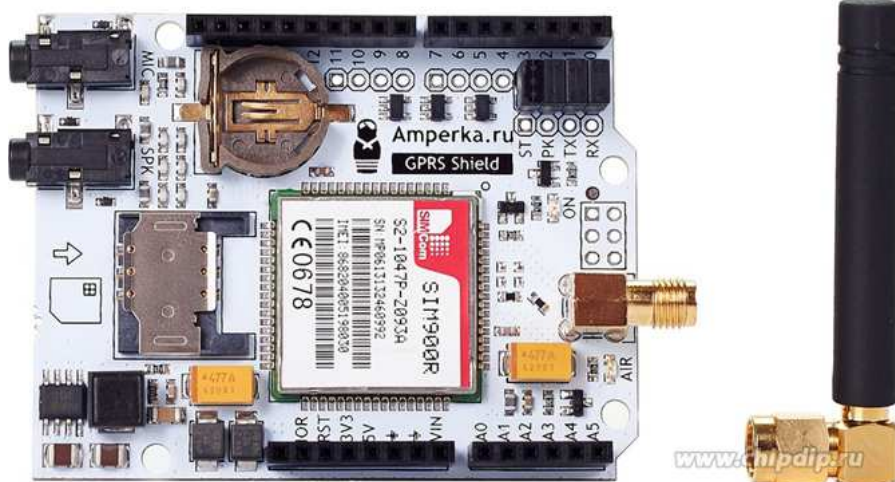


Рис.6. Плата расширения для передачи по мобильной связи

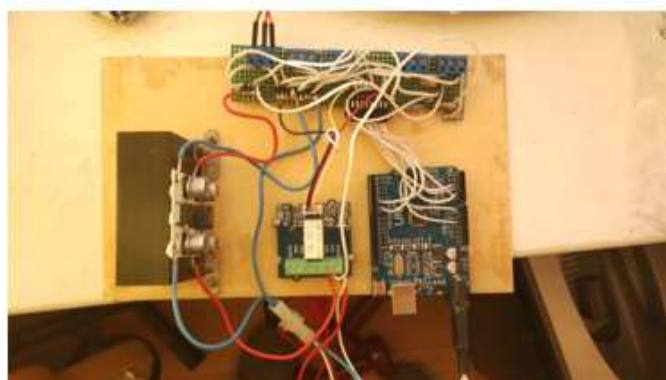


Рис.7. Автономный контроллер для мониторинга технологических параметров объектов газораспределения или автономной газификации

Установка подобных модулей системы по территории рекультивированной свалки обеспечит контроль за концентрацией газа и температурой, позволив предотвратить развитие негативных ситуаций на полигоне.

Фото установленной системы автоматизированного контроля температуры и загазованности в отходящей трубе для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов в д. Судаково представлены на рис. 8-9.



Рис.8. Питание от аккумуляторной батареи



Рис.9. Питание от солнечной батареи

Разработанная система мониторинга позволяет в режиме реального времени контролировать состояние объекта и своевременно устранять источники загрязнения окружающей среды, а также измерять концентрацию вредных веществ вблизи социальных объектов.

*Материалы подготовлены в рамках Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук (конкурс МД-2018).*

#### **Список литературы**

1. Панарин В.М. *Техническая реализация и внедрение программно-аппаратного комплекса сбора, обработки и отображения информации совместно с комплексом аппаратуры для измерения концентраций вредных веществ «Экомонитор»* / В.М. Панарин, А.А. Горюнкова // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 6. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. - С.196-204.

2. Панарин В.М. *Разработка автоматизированных систем мониторинга загрязнения атмосферы объектами газовой и химической промышленности* / К.В. Гришаков, В.М. Панарин, А.А. Горюнкова // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 8: в 2 ч. Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – С.44-50.

## **ВАРИАНТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЖИЛОГО ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА**

Д.С. Чуенкова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

На сегодняшний день рост и развитие городов является одной из наиболее актуальных тем для обсуждений. В основном, этот рост осуществляется за счет строительства новых жилых районов и микрорайонов.



Микрорайонная застройка появилась в 1950-1960-е годы, в то время такой вид застройки был очень актуальным и представлялся концепцией будущего. Теперь вместо небольших замкнутых кварталов стало возможным проектировать огромные пространства.

Микрорайон – парадигма российского градостроительства с начала 1960-х. Тогда идея казалась свежей и модной: вместо небольших «капиталистических» кварталов – огромные территориальные единицы, жилые микрорайоны. Они составлялись из свободно размещенных многоэтажных жилых домов и зданий соцкультбыта и представлялись концептом из будущего. Архитекторов завораживала смена масштаба: если квартал занимал площадь сто на сто метров, то микрорайон представлял собой структуру протяженностью с километр. Если в квартале здания располагались по периметру, вдоль улицы, то в микрорайоне многоэтажные дома расставлялись хаотично, не следуя каким-то правилам, – это создавало ощущение свободы.

Однако, с течением времени проблемы городов меняются, а концепция застройки остается прежней. Это неизбежно приводит к некоторым трудностям, вот лишь некоторые из них:

- перегруженность дворового пространства личным автотранспортом (пожалуй, одна из важнейших проблем на сегодняшний день);
- высокая нагрузка на общественный транспорт и возникновение дорожных пробок из-за ежедневного перемещения основной массы населения, проживающего в спальнях микрорайонах к местам приложения труда;
- отсутствие рабочих мест в шаговой доступности;
- низкий уровень развития и качество озеленения микрорайонов;
- нерациональное использование территорий микрорайонов (высокая пористость застройки из-за больших разрывов между зданиями) и завышенный масштаб зданий;
- неразвитая система жилых улиц как разгрузочных элементов всей улично-дорожной сети городской структуры;
- сложность управления большими территориями, занимаемыми микрорайонами, в части обеспечения надлежащего благоустройства и санитарного состояния;
- дефицит спортивных площадок, в т.ч. мультисезонных, площадок для отдыха взрослого населения, водных объектов, малых архитектурных форм и т.п.);
- ложность управления большими территориями, занимаемыми микрорайонами, в части обеспечения надлежащего благоустройства и санитарного состояния;
- отсутствие культурно-досуговой инфраструктуры, включая общественные пространства и места отдыха, предназначенные для жильцов различных возрастных групп;
- слаборазвитая сеть благоустроенных пешеходных улиц, велодорожек и велопарковок;
- однообразие архитектурно-планировочных решений жилых зданий и благоустройства придомовых территорий.

Очевидно, что идея микрорайонной застройки больше не удовлетворяет требованиям современных городов, которые нуждаются в гибкой, адаптивной структуре, а также запросам городского сообщества [1,2].

Какие есть альтернативы микрорайону?

Есть коттеджная застройка, на которую сделана ставка в США. Но вариант одноэтажной Америки отличается дороговизной (кроме США, ни одна страна этот концепт не реализовала в полной мере) и низкой плотностью застройки. Если говорить о высокоплотной застройке, то есть два альтернативных варианта: кварталы с домами в 6-9 этажей и высокоплотная малоэтажная застройка.

Преимущества квартальной застройки очевидны. Это привычный всем классический западноевропейский город с очень живыми и активными улицами, где на первых этажах – кафе, рестораны и магазины. Размер квартала (в среднем сто на сто метров) и высота зданий в 5-9 этажей комфортны для человека. Менее известна в России высокоплотная малоэтажная застройка, которая следует из англосаксонской системы с акцентом на блокированные трехэтажные дома. Современный пример – район Борнео-Споренбург, возведенный в Амстердаме на месте бывших доков. Изначально площадку планировалось застроить 10-14-этажными домами, однако исследования показали, что такое жилье будет дешевым – несмотря на дефицит земли, голландцы не любят многоэтажки. И тогда архитекторы предложили решение, позволяющее при трехэтажной застройке получить такое же количество квадратных метров, как и при застройке многоэтажками. Чтобы избежать монотонности, они предложили сразу несколько типологий жилья: с обычными блокированными домами, таунхаусами с выходом на воду, с квартирами вокруг маленьких дворики. Одно из решений – две линии таунхаусов, расположенные близко друг от друга. Вариант застройки Борнео-Споренбург не мог бы быть реализован в России – наши градостроительные и санитарные нормы не позволяют этого сделать. Нормы эти с 1960-х годов привязаны к микрорайону как основной типологии жилой застройки. В итоге у российского стройкомплекса, что бы он ни хотел сделать, на выходе получается одно и то же – микрорайон с высокими домами и огромными пустырями между ними [3,4].

В современном мире вопрос строительства жилых районов стоит очень остро. Сегодня очень важно предоставить хорошие условия проживания для человека и найти оптимальный путь решения этой проблемы. Возможно, стоит обратить внимание на зарубежный опыт строительства жилой среды и вернуться к классической квартальной системе застройки, а также уменьшать этажность зданий для обеспечения качественного жилья, развитой инфраструктуры для комфортного пребывания человека в этой среде.

### **Список литературы**

1. Щукин А. В ловушке микрорайонов // *Эксперт-2017* [Электронный ресурс]. <http://expert.ru/expert/2013/23/v-lovushke-mikrorajona/>
2. Кошмар многоэтажек - людям здесь не место [Электронный ресурс]. <https://tverdyi-znak.livejournal.com/1302472.html/>

3. Микрорайоны как проклятие современных городов [Электронный ресурс]. <https://visualhistory.livejournal.com/1392391.html/>

4. Альтернатива многоэтажной застройке [Электронный ресурс]. <http://gorod101.ru/62-alternativa-mnogoetazhnoy-zastroyke.html/>

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ**

### **ОЦЕНКА УРОВНЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

С.Н. Крылов, О.Ю. Кондратьева, Е.М. Ревзина, Е.В. Кондратьева  
Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,  
г. Саратов

*Сегодня, для каждого региона немаловажной задачей является привлечение инвестиций. Для этого инвесторам нужно предоставить исчерпывающую информацию об инвестиционных проектах и связанных с ними рисках, для чего составляются различного рода рейтинги деловой активности, инновационного развития. Однако существующие рейтинги не учитывают информацию о земельных ресурсах, что, на наш взгляд, может являться существенным. Вопрос необходимости учета этой информации в подобных рейтингах будет рассмотрена в данной статье.*

В настоящее время существует несколько признанных рейтингов инновационного развития региона, однако ни один из них не учитывает использование земельных ресурсов, например распределение земельных ресурсов по различным категориям. Данная информация может служить хорошим индикатором готовности региона к внедрению инноваций и дальнейшему развитию промышленности.

Согласно определению, инновационная деятельность – выполнение работ и (или) оказание услуг, направленных на:

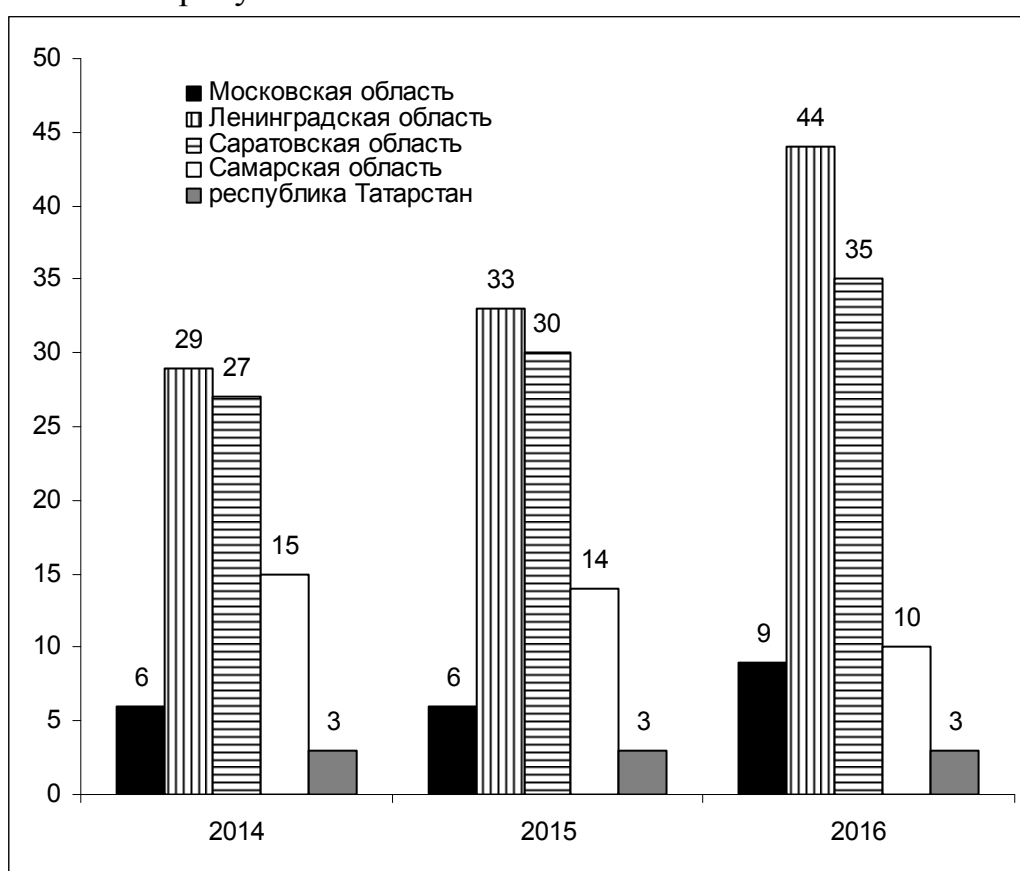
- создание и организацию производства принципиально новой или с новыми потребительскими свойствами продукции (товаров, работ, услуг);
- создание новых или модернизацию существующих способов (технологий) производства продукции, распространения и использования указанной продукции.

Субъектами инновационной деятельности, как известно, являются юридические лица независимо от их организационно-правовой формы и формы собственности, индивидуальные предприниматели и физические лица, осуществляющие инновационную деятельность.

Для исследования были рассмотрены только определенные регионы – субъекты РФ: Московскую, Ленинградскую, Саратовскую, Самарскую области и республику Татарстан. Для данных субъектов характерен разный уровень ВВП, разный уровень жизни и разное распределение земель по различным категориям, поэтому данные регионы могут наглядно продемонстрировать необходимость учета информации о земельных ресурсах.

Выяснено, что с 2005 по 2016 для всех регионов характерно уменьшение количества сельскохозяйственных земель и увеличения количества земель промышленности и иного назначения, однако данная зависимость немонотонна для некоторых из представленных регионов. Данные с этой таблицы в дальнейшем будут использованы для определения связи с индикаторами инновационного развития регионов.

В рамках исследования было рассмотрено несколько вариантов таких индикаторов, например рейтинги, предложенные Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (далее НИУ ВШЭ) или Ассоциацией инновационных регионов России (далее – АИРР). В этих двух организациях было проведено фундаментальное исследование состояния инновационной деятельности в России. Так, разработанный АИРР рейтинг учитывает 23 показателя (с 2016 – 29) и представлен для выбранных ранее регионов на рисунке ниже:



Рейтинг регионов от АИРР

Республика Татарстан занимает третью строчку в рейтинге на протяжении последних 3 лет вместе с Москвой и Санкт-Петербургом (на графике не показаны), Самарская область переместилась с 15 на 10 место, в то время как остальные выбранные регионы демонстрируют ухудшения в сфере инноваций. Согласно информации на официальном сайте, основу данного рейтинга формируют показатели по 4 категориям:

- Научные исследования и разработки,
- Инновационная деятельность,
- Социально-экономические условия инновационной деятельности,

- Инновационная активность региона.

Разработанный в НИУ ВШЭ рейтинг состоит из 37 показателей, также разделенным по 4 категориям:

- Социально-экономические условия инновационной деятельности,
- Научно-технический потенциал,
- Инновационная деятельность,
- Качество инновационной политики.

В открытом доступе по рейтингу от АИРР имеются данные лишь за 2014-2016 гг., что не позволяет использовать его в рамках данного исследования: полученные результаты по такому короткому ряду не будут статистически значимыми. Аналогичная ситуация сложилась и с рейтингом от НИУ ВШЭ: в открытом доступе имеются данные не ранее 2012 г.

Так как в открытом доступе не представлена полная информация о методике подсчета данных рейтингов, то подсчитать их за предыдущие годы самостоятельно не представляется возможным. Тем не менее, так как участвующие в формировании данных рейтингов показатели известны, а большинство из них доступны в открытых источниках, то нами был сформирован собственный рейтинг для выбранных регионов за 2005 – 2016 гг., который учитывает некоторые из показателей (за основу взят в первую очередь рейтинг от АИРР):

1. Научные исследования и разработки:

- Численность студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования по отношению к численности населения,
- Численность исследователей по отношению к численности населения,
- Коэффициент изобретательской активности,
- Распределение читателей eLibrary.ru по регионам (история данного показателя в открытом доступе не представлена, поэтому взята постоянная величина на 05.12.2017),
- Внутренние затраты на исследования и разработки в процентах от ВРП,

2. Инновационная деятельность и уровень развития информационного общества:

- Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе организаций,
- Удельный вес организаций, использовавших Интернет,

3. Социально-экономические условия инновационной деятельности:

- Степень износа основных фондов,
- Удельный вес занятых в высокотехнологичных и среднетехнологичных (высокого уровня) видах деятельности в общей численности занятых в экономике региона,

Для определения связи между короткими временными рядами (т.е. изменениями величин во времени) можно использовать ограниченный набор методов, например подсчет коэффициента корреляции, который показывает линейную зависимость между рассматриваемыми переменными.

Необходимо отметить, что нулевое или близкое к 0 значение коэффициента корреляции не означает отсутствие связи между временными



рядами. В этом случае, может наблюдаться связь более сложной структуры, поэтому может потребоваться применение других, более сложных методов, например причинности по Грейнджеру, как было показано, например в [5]. Пример получившейся матрицы корреляций (для Саратовской области) представлен в таблице.

Матрица корреляции для Саратовской области

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6	Фактор 7	Кадастр
Фактор 1	1							
Фактор 2	0,004813	1						
Фактор 3	0,5422	-0,2355	1					
Фактор 4	-0,5923	0,0024	-0,4208	1				
Фактор 5	-0,1255	-0,3541	0,4842	-0,0674	1			
Фактор 6	-0,3282	-0,8058	-0,0056	0,387	0,0671	1		
Фактор 7	0,1764	-0,5036	0,1194	0,2229	0,4677	0,2844	1	
Кадастр.	<b>-0,6996</b>	<b>-0,6755</b>	-0,1886	<b>0,512</b>	0,2576	<b>0,874</b>	0,1711	1

Из матрицы видно, что для Саратовской области существует сильная зависимость между долей земель промышленности и иного назначения и такими показателями инновационного развития как (далее перечисление в порядке убывания модуля коэффициента корреляции): степенью износа основных фондов (фактор 6), численностью студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования на 10000 человек населения, нормированное на среднее число студентов по регионам РФ (фактор 1), численностью персонала, занятого научными исследованиями и разработками, нормированное на число населения региона (фактор 2) и внутренними затратами на исследования и разработки в процентах от ВРП (фактор 4). Зависимость между кадастровой информацией и другими факторами мала.

Для Самарской области сильная связь также наблюдается для факторов 1,2 и 6, однако коэффициент корреляции между кадастровой информацией и фактором 4 немного меньше 0.5, что не позволяет говорить о сильной связи. Для республики Татарстан ситуация обратна: коэффициент корреляции между кадастровой информацией и фактором 6 очень мал в отличие от подобного коэффициента для фактора 4.

В отличие от Поволжья, в Московской области проявляется сильная зависимость между кадастровой информацией и фактором 7 (удельный вес инновационных товаров, работ, услуг, в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций). В остальном ситуация похожа на Саратовскую область.

Для Ленинградской области характерна зависимость только между кадастровой информацией и фактором 5 (удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе обследованных организаций), что не характерно для других рассмотренных примеров. Коэффициенты корреляции для остальных факторов малы.

Таким образом, исследовав корреляционные матрицы между показателями инновационного развития и кадастровой информацией, была выявлена сильная связь для отдельных показателей. Классификация регионов России по структуре связи, а также определение направления этой связи – направления для дальнейшего исследования.

### **Список литературы**

1. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр).
2. Федеральная служба государственной статистики. «Регионы России. Социально-экономические показатели».
3. Абдрахманова Г.И. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 5 / Г.И. Абдрахманова, П.Д. Бахтин, Л.М. Гохберг [и др.]; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2017. – 260 с.
4. Крылов С.Н., Кондратьева О.Ю., Ревзина Е.М., Кондратьева Е.В. Определение уровня инновационного развития регионов // В сборнике: Нано- и биомедицинские технологии. Управление качеством. Проблемы и перспективы Сборник научных статей. – Саратов, 2018. – С. 169-178.
5. Ассоциация инновационных регионов России. Рейтинг инновационных регионов России [электр. ресурс] (URL: <http://www.i-regions.org/regions/proekty/rejting-innovatsionnogo-razvitiya> дата обращения: 05.12.2017)
6. Кондратьева Е.В., Кондратьева О.Ю. Свойства сходности жадных алгоритмов для решения некоторых физических задач оптимизации // В сборнике: Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика Доклады XII Всероссийской конференции молодых ученых. – 2017. – С. 108.
7. Крылов С.Н., Смирнов Д.А., Осипов Г.В., Безручко Б.П. // Письма в ЖТФ. – Т. 41, №11 (2015). – С. 94.

## Содержание

### **ИННОВАЦИОННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Макарова В.Ю., Тищенко В.П. Роль физико-химических свойств и строения древесины в формировании потребительских свойств древесных композитов.....	3
Тищенко В.П. Обобщенная математическая модель задачи минимизации выделения формальдегида из древесных композиционных материалов.....	6
Рамазанов Б.В., Сохар Л.Г., Королева Ю.В. Биоиндикация атмосферных выпадений полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в Калининградской области.....	10
Шахмаева А.Р. Исследование зависимости коэффициента усиления по току биполярного со статической индукцией транзистора.....	12
Хайбуллина А.А., Иванова О.В. Очистка сточных вод молочно-перерабатывающей промышленности.....	15
Шараева В.П., Рябышенков А.С. Технологический микроклимат чистых помещений микроэлектроники.....	17
Игнатьева Н.В., Иванова О.В. Обогащение кварцевого песка.....	20
Штрикова А.А., Кудрявцева Т.Н., Кометиани И.Б., Климова Л.Г. Аминометилирование 2-(2-гидрокси-9-оксоакридин-10(9H)-ил) уксусной кислоты.....	21
Ужахова Л.Я., Султыгова З.Х., Арчакова Р.Д., Китиева Л.И. Содержание диацетила в молочных продуктах.....	23
Китиева Л.И., Борукаев Т.А., Султыгова З.Х., Арчакова Р.Д., Ужахова Л.Я. Термический анализ ПБТ, стабилизированного акцептором кислорода.....	24
Будюков Ю.Е., Спиринов В.И., Горшков Л.К., Беклемишев А.М., Будюкова Т.Ю. Температурный режим бурового породоразрушающего инструмента.....	26
Будюкова Т.Ю., Беклемишев А.М., Спиринов В.И., Будюков Ю.Е. Влияние состава породоразрушающих вставок на стойкость инструмента для бурения скважин.....	30
Пинчуков А.Р. Принципы реконструкции городской застройки.....	31
Рерих В.А., Ельтищева Д.Д., Рылеева Е.М. Электро- и гальвано-коагуляционные установки: преимущества и недостатки.....	33
Рерих В.А., Панферова Ю.А., Рылеева Е.М. Система автоматизированного контроля параметров производственной среды.....	37
Артюхов В.М. Применение геоинформационных систем в строительной отрасли.....	40

Никитин М.Г. Анализ способов гидроструйной цементации грунтов в строительстве.....	43
--	----

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ, РЕСУРСО И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Бодня М.С., Алексеев В.Н., Кастерина Т.В. Перспективы развития механизмов частно-государственного партнерства в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами.....	45
Тарасова Т.Ф., Огурцов М.С. Оценка степени опасности предприятий машиностроительной отрасли как источников загрязнения атмосферного воздуха.....	48
Азарова В.А. Утилизация отработанных кислот и щелочей.....	51
Башкирова М.А., Башкиров Р.А., Рылеева Е.М. Канализационные очистные сооружения поселка Лазарево Тульской области.....	53
Башкирова М.А., Быстрова А., Рылеева Е.М. Внедрение мембранного модуля в системы очистки промышленных сточных вод с целью повышения эффективности удаления ионов тяжелых металлов.....	56
Башкирова М.А., Рылеева Е.М. Предотвращение возникновения чрезвычайных ситуаций посредством внедрения автоматизированной системы управления очистным сооружением промышленных стоков.....	60
Пинчуков А.Р. Энергосберегающие технологии.....	64
Рерих В.А., Панферова Ю.А., Рылеева Е.М. Усовершенствованная система экологического контроля атмосферного воздуха промышленного региона.....	66
Рерих В.А., Зайцева Д.В., Рылеева Е.М. Электрофлотационный метод очистки сточных вод: достоинства и недостатки.....	69
Ялхимова Т.А. Переход на наилучшие доступные технологии в энергетике.....	72
Пушилина Ю.Н. Анализ экологически безопасных строительных материалов.....	77
Сычев С.Н. Влияние кадмия на окружающую среду.....	79
Сычев С.Н. Влияние никеля на окружающую среду и организм человека.....	80
Камышина М.М. Автоматизация процесса технологии очистки и нейтрализации сточных вод.....	81
Камышина М.М. Методы очистки сточных вод промышленных предприятий.....	83
Пушилина Ю.Н. Воздействие транспортных систем на окружающую среду.....	86
Волков А.В., Силивеева И.В. Практическая реализация методов мониторинга запыленности воздушного бассейна различных селитебных территорий.....	89
Волков А.В., Силивеева И.В. Статистическое исследование динамики выбросов загрязняющих вещества в атмосферу.....	94

Панарин В.М., Рылеева Е.М., Савинкова С.А. Станция автоматического мониторинга загазованности и температуры рекультивированного полигона твердых бытовых отходов.....	98
Панарин В.М., Рылеева Е.М. Глинистые алюмосиликатные минералы – перспективные адсорбенты для очистки промышленных сточных вод.....	102

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ**

Фомина Е.Е., Жиганов Н.К. Моделирование процесса непрерывного литья заготовок из цветных металлов с использованием модифицированного алгоритма SIMPLER.....	106
Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. К вопросу о моделировании напряженно-деформированного состояния резиновых мембран методом конечных элементов.....	108
Дударовская О.Г. Модель перемешивания вязких сред в статических смесителях.....	112
Дударовская О.Г. Расчет массопереноса в канале с насадками на основе моделей структуры потоков.....	114

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Коллоидные растворы.....	116
Маслова А.А., Савенкова С.А., Камышина М.М. Микропроцессорный блок автоматического сбора, обработки и передачи данных по каналам сотовой связи о состоянии утилизированной свалки коммунальных отходов.....	119
Чуенкова Д.С. Варианты совершенствования жилого городского пространства.....	123

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ**

Крылов С.Н., Кондратьева О.Ю., Ревзина Е.М., Кондратьева Е.В. Оценка уровня инновационного развития.....	126
--	-----