

Тульский государственный университет  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева  
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева  
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева  
ТООО Научно-технический центр  
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

ДОКЛАДЫ  
XXVII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

*Конференция проведена по гранту правительства Тульской области в сфере науки и техники 2021 года № ДС/277 «Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы экологии».*

Тула  
«Инновационные технологии»  
2021

**УДК 504.75**  
**ББК 91.9**

Современные проблемы экологии: доклады XXVII всерос. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2021. – 173 с.

Сборник содержит материалы по проблемам состояния и оценки экологической ситуации, рационального природопользования, экологически чистых химических технологий, очистке газовых выбросов в атмосферу, применению новых методов очистки, утилизации промышленных и бытовых отходов жизнедеятельности людей, вопросам радиологической безопасности, путям и методам решения других вопросов экологии.

Выделены приоритетные направления природопользования: экономика, право, образование, а также перспективы устойчивого развития: взаимодействие органов власти, общества и бизнеса в решении экологических проблем. Даны решения некоторых практических задач охраны окружающей среды.

Материалы предназначены для научных сотрудников, преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, студентов и специалистов, занимающихся проблемами экологии и медицины.

#### **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 978-5-6045071-6-2

© Авторы докладов, 2021

© Издательство «Инновационные технологии»,  
2021

# РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ФИЛЬТРАЦИИ

Ю.П. Корякина, М.А. Киган

Смоленский государственный медицинский университет,  
г. Смоленск

***Аннотация.** Регулярное загрязнение природных источников воды приводит к тому, что их способность к самоочищению утрачивается, что оказывает влияние на качество воды и, следовательно, на здоровье населения. В данной работе проведено исследование метода очистки воды от загрязнения нефтепродуктами, произведена оценка эффективности очистки сточных вод с помощью метода фильтрации через активированный уголь, оксид алюминия, хлопок, опилки, асбест, песок, картон и пенопласт.*

На сегодняшний день все большую необходимость приобретает обеспечение гигиенической безопасности питьевого и рекреационного водопользования населения. В различных исследованиях заболеваемости населения указывается негативная роль таких факторов, как загрязнение окружающего воздуха в результате использования твердого топлива, в результате вредных выбросов в атмосферу, а также отсутствие доступа к чистой питьевой воде [5, 6].

Очистка сточных вод обычно включает следующие этапы: механический (предварительная очистка поступающих на очистные сооружения сточных вод с целью подготовки их к биологической очистке - происходит задержание грубых и тонкодисперсных примесей), биологический (предполагает очистку растворенной части загрязнений сточных вод специальным биоценозом), физико-химический (доочистка от растворенных примесей, а в некоторых случаях и от взвешенных веществ), а также дезинфекцию (окончательное обеззараживание сточных вод).

Как самостоятельный метод избавления сточной воды от примесей нефтепродуктов механическую очистку используют довольно редко: только тогда, когда есть уверенность в том, что очищенная таким образом вода будет пригодна для тех или иных целей. Чаще же к нему прибегают в качестве первичной очистки, с помощью которой можно избавиться от 60 до 65 % частиц загрязняющих веществ [3]. Фильтрацию нередко применяют, чтобы эффективно удалить из сточных вод нефтяные загрязнения, которые находятся в вязко-текучем или жидком агрегатном состоянии. Этот метод традиционно используется для удаления примесей, представленных мелкими твердыми частицами, которые задерживаются либо специальными сетками, либо пористыми зернистыми материалами или тканями [4]. Очистка стоков методом фильтрования от нефтяных и нефтепродуктовых примесей основана том, что

вязкие частицы указанных примесей прилипают к поверхности материала фильтра. Для фильтрации могут использоваться различные материалы, такие как керамзит, кварцевый песок, пенополистирол, шлак (котельный или металлургический), антрацит, любые другие зернистые материалы пористой структуры, волокнистые материалы, нетканая синтетика [4].

Цель работы заключалась в исследовании и оценке эффективности отчистки сточных вод от нефтепродуктов с помощью метода фильтрации.

Для проведения эксперимента по очистке воды от нефти, в качестве модели нефти применялась солярка, являющаяся нефтепродуктом. Для проведения фильтрации использовались готовые фильтры из следующих материалов: активированный уголь, оксид алюминия, хлопок, опилки, асбест, песок, картон и пенопласт (табл.1). Было взято 10 проб, в каждой из которых находились 100 мл воды и 2 мл нефти.

Таблица 1  
Время очищения воды от нефтепродуктов

Материал фильтра	Время, мин
Оксид алюминия	65
Картон	45
Песок	40
Асбест	24
Уголь активированный	22
Опилки	19
Хлопок	16
Пенопласт	7

Были определены органолептические свойства воды (цвет, запах, прозрачность) после очищения ее от нефтепродуктов (табл.2).

Таблица 2  
Органолептические свойства воды после очистки ее от нефтепродуктов

Материал фильтра	Прозрачность	Цветность	Запах
- (чистая вода)	Прозрачная	Бесцветная	Нет запаха
Оксид алюминия	Прозрачная	Бесцветная	Резкий
Картон	Прозрачная	Радужное пятно	Резкий
Песок	Прозрачная	Радужное пятно	Резкий
Асбест	Прозрачная	Бесцветная	Резкий
Уголь активированный	Прозрачная	Бесцветная	Специфичный
Опилки	Прозрачная	Желтоватый оттенок	Резкий
Хлопок	Прозрачная	Радужное пятно	Резкий
Пенопласт	Прозрачная	Бесцветное пятно	Резкий

Необходимо отметить, что активированный уголь улучшает органолептические свойства воды (запах, вкус, мутность, цветность). Хлопковое волокно же может впитывать до 20 % влаги от своего веса и удерживать до 65 %, однако для получения хлопка необходимо большое количество воды, а также немаловажным является сложность его утилизации.

Таким образом, можно утверждать, что способ очистки воды от загрязнения нефтепродуктами при помощи фильтрации оправдывает себя в случае с материалом фильтра из активированного угля, оксида алюминия и асбеста. Однако при очистке воды оксидом алюминия необходимо значительно больше времени.

Для того чтобы оценить, насколько эффективными окажутся те или иные очистные мероприятия, которые могут быть предприняты для удаления следов нефтепродуктов из сточных вод, необходимо руководствоваться также следующими критериями: уровнем концентрации взвешенных веществ в уже очищенной воде, уровнем содержания нефтепродуктов в очищенных стоках, уровнем pH, температуры, уровнем биологического потребления кислорода [2].

Уровень индустриализации в современном обществе имеет тенденцию к постоянному возрастанию. В связи с этим степень ущерба для природы и экологии от действий человека усугубляется, а вопросы экологической безопасности в целом и водных ресурсов в частности становятся все более актуальными и общественно важными [1]. Поэтому необходимо постоянно совершенствовать знания, направленные на получение чистой воды и устранение антропогенных факторов, влияющих на ее свойства.

### Список литературы

1. Веприкова Е.В. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей / Е.В. Веприкова, Е.А. Терещенко, Н.В. Чесноков, М.Л. Щипко, Б.Н. Кузнецов // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2010. – №3. – С. 283-304.

2. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год / под ред. С.Н. Бобылева и Л.М. Григорьева. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2017. – 292 с.

3. Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова: учеб. пособие: в 2 т. – 2-е изд. – М.: Бином, 2012. – 629 с.

4. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.: Бюро НДТ, 2015. – 377 с.

5. *Global Burden of Disease*. Seattle, WA: IHME, 2013.

6. *Members of the US Burden of Disease Collaborators The State of US Health, 1990-2010: Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors // JAMA.2013 Aug 14; 310(6):591-608. doi: 10.1001/jama.2013.13805.*

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ТЕХНОСФЕРНОГО РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.А. Макаренков, А.Н. Цедилин  
НИЦ «Курчатowski институт» – ИРЕА,  
г. Москва

*Аннотация.* В статье рассмотрены ключевые факторы перехода в постиндустриальный технологический уклад, принципы формирования, базирующиеся на экологическом принципе и природоподобных технологий. Внедрение в цикличные производственные процессы природоподобных технологий с учетом принципов «зеленой химии» и формирование техногенного материально-энергетического ресурса по аналогии с природным является основным экологическим принципом техносферного развития.

Основным планетарным экологическим вызовом XXI в. является дисбаланс между развивающейся техносферой и теряющей свою устойчивость биосферой [1], реалии которого необходимо учитывать при развитии химической и смежных отраслей промышленности. Причиной формирования и развития планетарного вызова явилась техносферная деятельность 4-5-го индустриальных технологических укладов, базирующихся на экономических принципах производства и формирования технологий, где эксплуатация материально-энергетических ресурсов биосферы превалирует над ее жизнеобеспечивающими функциями [2].

Технологические уклады, характеризующие цивилизационное развитие техносферы, представляют собой целостные и устойчивые техносферные образования [3], в которых осуществляется производственный цикл, начинающийся с добычи и получения первичных материально-энергетических ресурсов, заканчивающийся выпуском набора конечных продуктов и утилизацией.

Их структура представляет собой:

- ядро технологического уклада;
- ключевые факторы – технологические нововведения, благодаря которым возникло ядро;
- несущие отрасли – интенсивно потребляющие ключевой фактор, играющие ведущую роль в возникновении и распространении технологического уклада

Целью ядра индустриального технологического уклада является максимальный рост капитала, вложенного в ключевой фактор. Химическая и смежные отрасли – несущие в индустриальных технологических укладах, используют биосферные материально-энергетические ресурсы и экономически целесообразные физико-химические технологии их переработки. Подобный подход, наряду с увеличением производства продукции и услуг, загрязняют экосферу и препятствует реализации жизнеобеспечивающих функций биосферы.

Развивающийся экологический планетарный вызов XXI в. наглядно показал, что экономические принципы развитие техносферы порождают деградацию био- экосферы и представляют угрозу развитию человечества, как биологического вида.

Попытки экологизации экономики, внедрение трендов «Четвёртой промышленной революции» [4] не могут осуществить коренного преобразования задач ядра технологического уклада. Сохранить сложившееся планетарное равновесие, учитывая общую биогенную тождественность техносферы – биосферы, возможно только при экологическом принципе техносферного развития, подразумевающего обеспечение оптимальных условий жизнедеятельности человека, производство необходимой продукции и услуг для разумного цивилизационного развития в условиях устойчивого состояния биосферы.

Для этого необходимо осуществить переход к постиндустриальному технологическому укладу, задачей ядра которого станет, наряду с производством необходимой продукции и услуг, устойчивое развитие взаимосвязанного живого и косного вещества биосферы и техносферы. В этом случае химическая и смежные отрасли должны формироваться в условиях доминирования жизнеобеспечивающих функций биосферы над ее материально-энергетическими ресурсами [5].

Ключевым фактором на этапе перехода в постиндустриальный технологический уклад должны стать формируемые на экологическом принципе природоподобные технологии техносферного развития.

Под этим следует понимать коэволюционные разработки, базирующиеся на фундаментальных законах природы, киберфизических системах, конвергенционном и логистическом подходах, сохраняющие жизнеобеспечивающие функции биосферы и сложившиеся материально-энергетические циклы планетарного кругооборота, обеспечивающие поддержания устойчивого равновесия между биосферой и развивающейся техносферой.

В индустриальном технологическом укладе химические и смежные отрасли промышленности развивались в рамках классической линейной экономики (производство, использование, утилизация). При переходе на экологический принцип развития в постиндустриальном технологическом укладе предполагается формирование цикличной экономики производства и потребления, базирующейся на возобновляемых ресурсах.

В связи с этим, основным экологическим принципом техносферного развития и перехода химической и смежных отраслей промышленности в постиндустриальный технологический уклад должно стать внедрение в цикличные производственные процессы природоподобных технологий с учетом принципов «зеленой химии» и формирование техногенного материально-энергетического ресурса, по аналогии с природным.

Базой для формирования техногенных материальных и энергетических ресурсов могут стать отходы различных типов [6]. Существующие технологии утилизации (полигонное хранение и термическая переработка) необходимо

дополнить природоподобными процессами, где целесообразно внедрять цифровизацию, роботизацию и искусственный интеллект.

Полигонное хранение должно быть направлено на переход с хранения техногенных ресурсов на хранение компактированного техногенного сырья в рамках «Логистической системы природоподобного формирования техногенного сырья, его переработки в целевые продукты и создание платформы интеллектуальных баз данных о запасах промышленных отходов различных типов для химической и смежных отраслей промышленности».

Внедрение экологических принципов в технологии термической переработки для получения вторичных энергетических ресурсов должно быть направлено на создание энергетических производств, ориентированных на полное сжигание низкокалорийного топлива, с последующим связыванием продуктов горения для сохранения биогенного состава атмосферы. Здесь возможно использование потенциала живого вещества биосферы для декарбонизации и накопления низкоэнтропийной энергии.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-013-00829\21.*

### **Список литературы**

1. *Полный текст выступления президента РФ Владимира Путина на пленарном заседании юбилейной, 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН в Нью-Йорке 28 сентября 2015 года.*

2. *Систер В.Г., Цедиллин А.Н. Постиндустриальный технологический уклад как основа глобального устойчивого развития» – Сборник тезисов участников Международного научного конгресса «Глобалистика 2020: Глобальные проблемы и будущее человечества», с.82-83.*

3. *Глазьев С.Ю. Мирохозяйственные уклады в глобальном экономическом развитии. Экономика и математические методы. – 2016. – №2. – С.3-29.*

4. *Клаус Шваб. Четвертая промышленная революция / Клаус Шваб. – «Эксмо», 2016. – 320 с.*

5. *Макаренков Д.А., Природоподобные технологии в рациональном природопользовании. Современные проблемы экологии: доклады XXVI всерос. науч.-практич. конференции / Д.А. Макаренков, А.Н. Цедиллин. – Тула: Инновационные технологии, 2021. – С.26-28.*

6. *Хованская Г.П., Систер В.Г. Цедиллин А.Н. Проект «Национальная стратегия внедрения энергоэффективных ресурсосберегающих и экологически безопасных (зеленых) технологий и производств в строительство и жилищно-коммунальное хозяйство». Эффективные технологии утилизации отходов, №1. – 2014. – С.10-14.*

# ИССЛЕДОВАНИЕ МИЦЕЛЛООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРАХМАЛА С ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ

Г.А. Гавриленко, Е.В. Курочкина, Н.И. Никулин, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

***Аннотация.** Рассмотрен процесс получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой в среде неполярных растворителей. Образование сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой подтверждено методом ИК-спектроскопии. Рассмотрена возможность образования мицелл ПАВ полученных продуктов взаимодействия крахмала с лимонной кислотой при высокой температуре.*

Анионные ПАВ являются наиболее распространенным классом ПАВ. Причина их популярности заключается в простоте и низкой стоимости производства. На долю АПАВ приходится приблизительно 60 % мирового производства ПАВ. Эти соединения входят в состав большинства моющих средств.

В моющих процессах обычно приходится иметь дело со многими различными по своей природе загрязнениями, поверхностями, водой, электролитами, моющими веществами, специальными добавками. Процесс отмыывания загрязнений от различных поверхностей можно представить в виде трех основных стадий:

- 1) смачивание водным раствором ПАВ поверхности загрязненного материала;
- 2) удаление загрязнения с поверхности путем эмульгирования, солубилизации, диспергирования, расклинивающего давления на границе раздела «твердая поверхность-загрязнение»;
- 3) удержание загрязнения в объеме раствора (стабилизация), предотвращение его осаждения на очищаемой поверхности (антиресорбция) и удаление его из системы (из моющей ванны) в солубилизованном, диспергированном или эмульгированном виде.

Долгое время в качестве основного моющего средства для различных практических целей использовали мыла – соли высших жирных кислот. До настоящего времени они не потеряли своего значения

подавляющее большинство поверхностно-активных веществ, применяемых в технике и технологии, имеют ограниченную растворимость, причем переход к новому состоянию раствора при повышении его концентрации отличается уникальным своеобразием. Своеобразие заключается в том, что при достижении некоторой характерной для каждого ПАВ концентрации оно не выделяется в виде новой фазы, а образует коллоидный раствор. Эта концентрация называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ). Только мицеллообразующие вещества являются эффективными

стабилизаторами суспензий и эмульсий, солюбилизаторами и основным компонентом моющих составов. Критическая концентрация мицеллообразования является и важнейшей технической характеристикой технических поверхностно-активных веществ

Наиболее эффективная стабилизация масляных загрязнений, перешедших с очищаемой поверхности в водную фазу, обеспечивается солюбилизацией загрязняющих масел в структуре мицелл ПАВ. Именно поэтому моющее действие ПАВ проявляется при концентрациях, превышающих ККМ. Таким образом, моющее действие ПАВ обусловлено не только дифильностью молекул ПАВ, но и наличием в этих растворах лиофильной коллоидной системы.

Нами было изучено взаимодействие крахмала с лимонной кислотой при высоких температурах и мицеллообразование полученных продуктов.

Синтез производных крахмала с лимонной кислотой проводили при температуре плавления лимонной кислоты в течении 15 минут. Исходя из данных ИК-спектроскопии можно сделать заключение об образовании продуктов разложения крахмала, олигосахаров, с лимонной кислотой

Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии показало образование сложноэфирных связей, при этом в продукте взаимодействия наблюдается увеличение полосы поглощения в области  $1740\text{ см}^{-1}$ , характерной для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

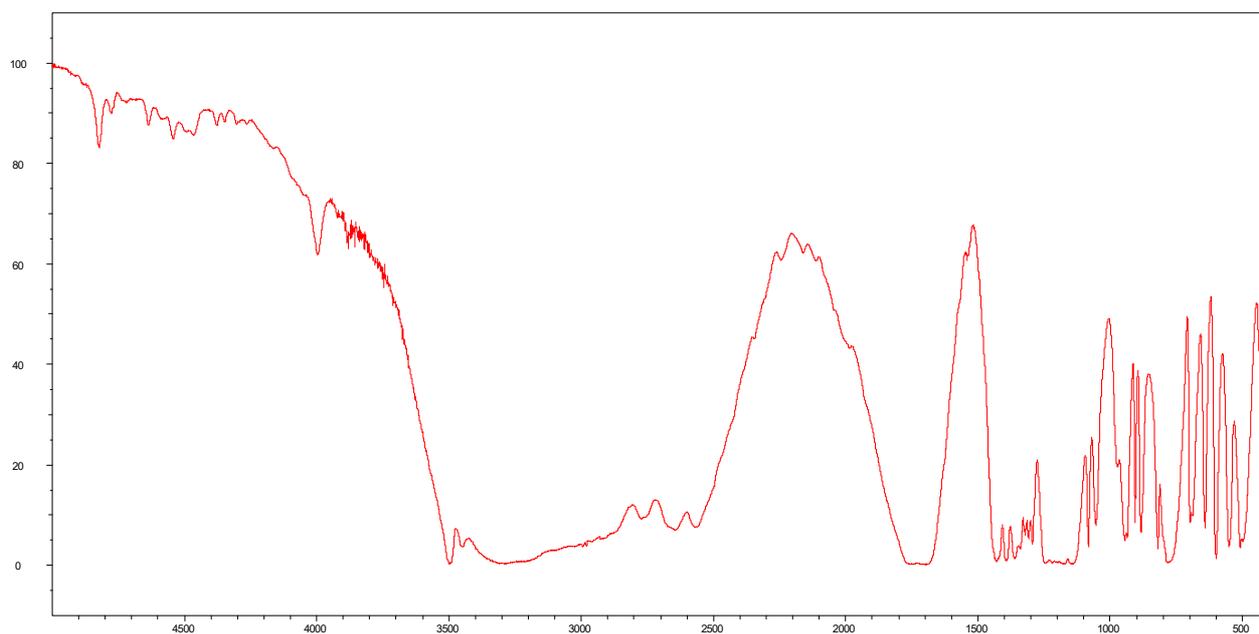


Рис. 1. ИК-спектр полученного продукта

Для определения критической концентрации мицеллообразования использовали турбидиметрический метод измерения растворов при различных концентрациях мыла. Для исследований был взят ряд концентраций от  $1,7 \times 10^{-5}$  до  $6,6 \times 10^{-3}$  моль/л. Растворы поверхностно-активного вещества определяли на степень пропускания по желтому светофильтру. Полученные данные представлены на рисунках.

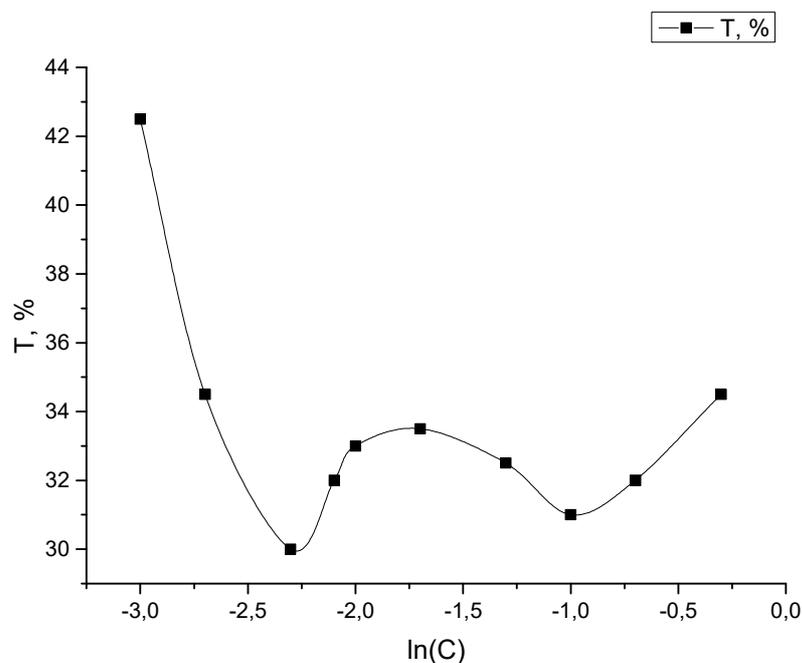


Рис. 2. Зависимость светопропускания от концентрации раствора продукта взаимодействия крахмала с лимонной кислотой

Полученные данные показывают, что критическая концентрация мицеллообразования для мыла, полученного из растительного масла, образуется при концентрациях  $3 \times 10^{-5}$  -  $4 \times 10^{-5}$ , для мыл, полученных из соапстока – при концентрациях  $2,7 \times 10^{-5}$  -  $3,5 \times 10^{-5}$ . Определенное значение критической концентрации мицеллообразования для полученных мыл говорит о хорошей моющей способности.

### Список литературы

1. Sonntag N.O.V. *Structure and composition of fats and oils* / N. O. V. Sonntag // *Bailey's Industrial oil and Fat Products*, New York: Wiley-Interscience. – 1979. – Vol. 1. – 4<sup>th</sup> ed. – P. 292-317.
2. Протопопов А.В. *Исследование возможности амидирования триглицеридов жирных кислот* / А.В. Протопопов, А.Н. Шлеина, Ю.Е. Курис, Е.Ю. Шуилова, С.А. Бобровская // *Актуальная биотехнология*, – №3 (26), 2018. – С. 188-191.
3. Протопопов А.В. *Изучение оптимальных условий амидирования триглицеридов жирных кислот* / А.В. Протопопов, Ю.Е. Курис, А.Н. Шлеина, А.В. Голод, А.Е. Бовина // *Проблемы научной мысли, ООО Каллистон, Volume 3 №12*. – С. 22-25.

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ДРЕВЕСИНЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Д.Е. Штепенко, О.В. Воротникова, А.Н. Гречко, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

*Аннотация.* В ходе работы была изучена возможность взаимодействия древесины с карбоновыми кислотами в среде неполярного растворителя в условиях ультразвуковой обработки. С применением метода ИК-спектроскопии показано образование сложноэфирной связи в продуктах модификации древесины. Методом микроскопии изучена структура полученных продуктов

Ультразвуковая активация – один из современных способов ускорения протекания химических реакций. Следует отметить, что применение ультразвука позволяет не только увеличить скорость химической реакции, но и увеличивает процент прореагировавших веществ. Подвергая ультразвуковой кавитационной обработке жидкую среду можно получить химические реакции невозможные в других случаях.

Было установлено большое разнообразие конкретных методов анализа структуры полисахаридов, их взаимодействия с различными соединениями, такими как растворители или неорганические соли, а также сверхструктур как в твердом состоянии, так и в растворе. Важным предварительным условием является анализ полисахаридов перед модификацией как можно более всесторонне, чтобы отслеживать все типы структурных изменений основной цепи полимера во время превращения в производное. Тем не менее, анализ рассматриваемого полисахарида всегда рекомендуется, потому что химическая структура, включая разветвление, последовательности сахарных единиц, окисленные фрагменты в цепи (например, альдегидные, кето- и карбоксильные группы в полиглюканах) и остаточное количество.

Количество встречающихся в природе примесей варьируется для данного типа полисахарида, особенно для грибковых и растительных полимеров, и может существенно влиять на свойства и реакционную способность. Был разработан ряд основных химических методов для анализа структуры и определения чистоты полисахаридов. Большинство этих химических анализов представляют собой цветовые реакции, которые можно количественно измерить с помощью УФ / видимой спектроскопии.

В ходе проведенной работы, нами было исследовано взаимодействие древесины осины с аминоксусной и салициловой кислотами в среде толуола, воды и ацетона в условиях ультразвуковой обработки. Реакцию проводили в течении 1 часа при комнатных температурах.

Полученные продукты высушивали на воздухе и промывали от остатков карбоновых кислот. Для оценки протекания процесса полученные продукты анализировали методом потенциометрии на содержание связанных кислот. Данные химического анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Степень замещения в полученных продуктах

Используемая кислота	Реакционная среда		
	Толуол	Ацетон	Вода
Аминоуксусная	0,74	0,75	0,67
Салициловая	0,84	0,81	0,40

Сравнение полученных результатов по содержанию связанных кислот, пересчитанных на степень замещения по отношению к целлюлозе, показывает лучшее протекание процесса в ацетоне и толуоле.

Исследование полученных продуктов взаимодействия древесины в среде толуола показало частичное изменение структуры, при этом в большей степени наблюдается микрокристаллическая структура целлюлозы в виде микрофибрилл и лишь незначительное содержание микрокристаллических участков сложных эфиров целлюлозы

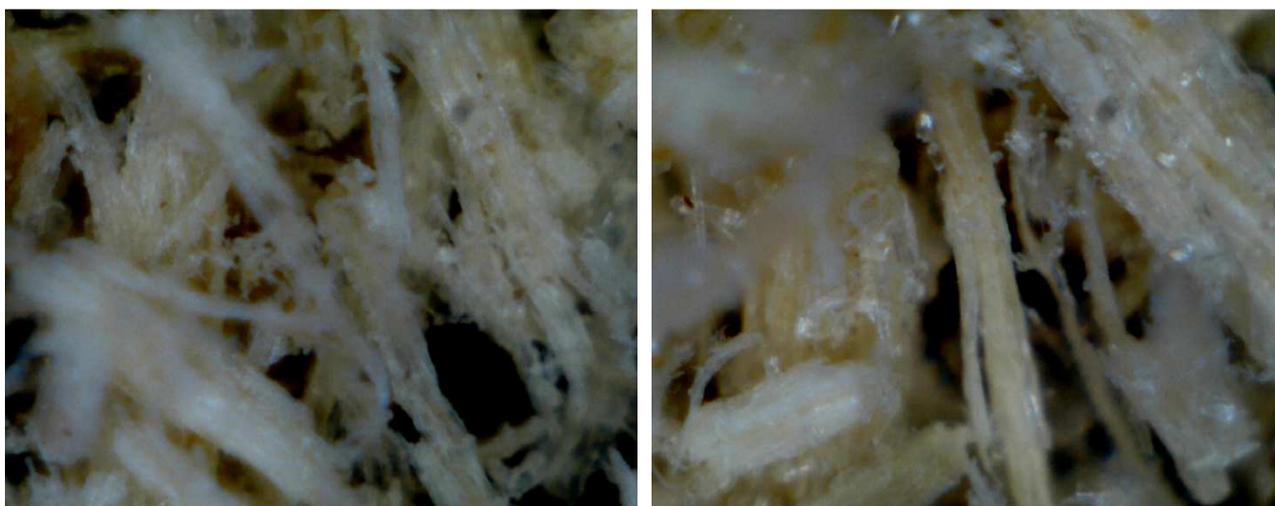


Рис. 1. Структура модифицированной древесины аминоксусной и салициловой кислотой в среде толуола

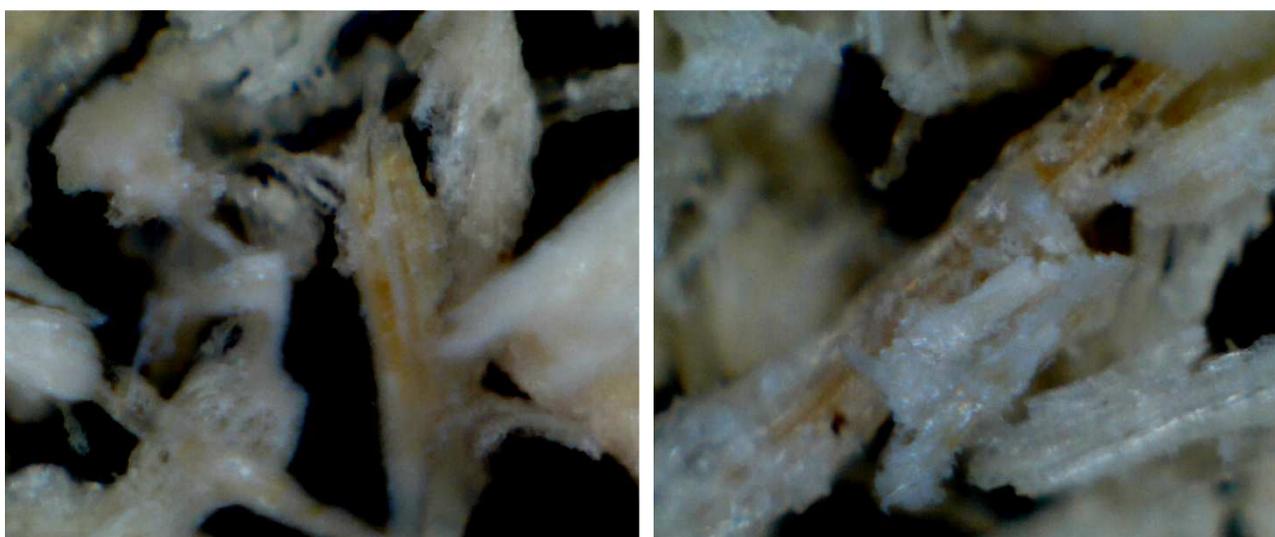


Рис. 2. Структура модифицированной древесины аминоксусной и салициловой кислотой в среде ацетона

При модификации в среде ацетона наблюдается полный переход микрофибрилл целлюлозы в микрокристаллическое состояние в процессе модификации древесины.

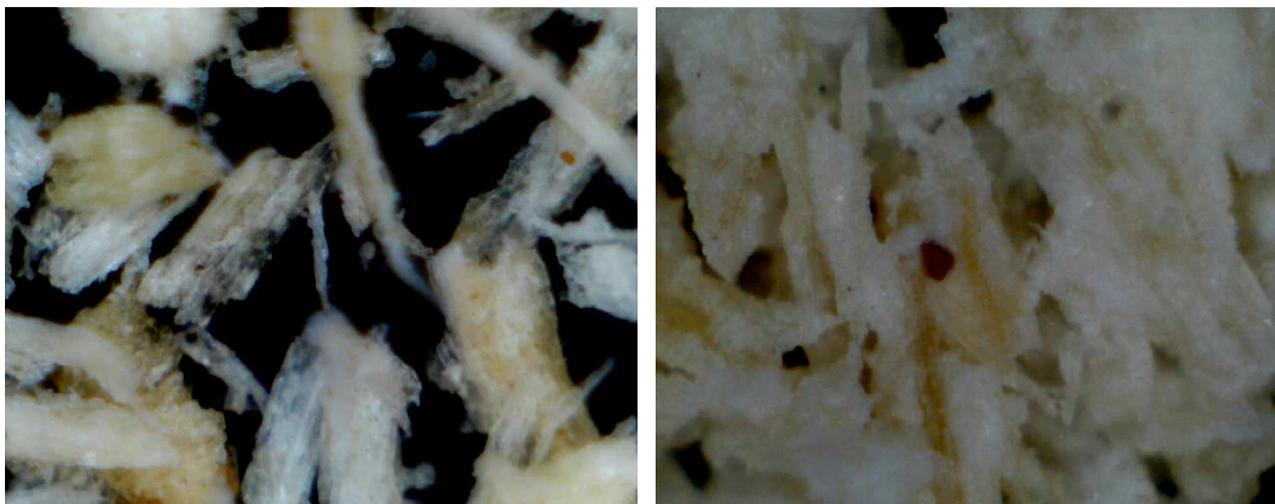


Рис. 3. Структура модифицированной древесины аминоксусной и салициловой кислотой в среде воды

При модификации в водной среде наблюдается сохранение практически исходной структуры целлюлозы.

Полученные данные показывают возможность взаимодействия древесины с дикарбоновыми кислотами. Полученные продукты обладают термопластичностью и высокими гидрофобными свойствами.

#### Список литературы

1. *Solvent-free fatty acylation of cellulose and lignocellulosic wastes. Part 2: reactions with fatty acids* / ICVaca-Garcia, M.EBorredon // *Bioresource Technology*, Volume 70, Issue 2, November 1999, Pages 135-142
2. Babu R.P., O'Connor K., Seeram R. *Current progress on bio-based polymers and their future trends. Prog. Biomater.* 2013;2:2–16. doi: 10.1186/2194-0517-2-8.

### ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДРЕВЕСИНЫ С АМИНОУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ

А.Н. Гречко, Д.Е. Штепенко, О.В. Воротникова, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

**Аннотация.** В ходе работы была изучена возможность взаимодействия древесины с адипиновой кислотой в среде неполярного растворителя. С применением метода ИК-спектроскопии показано образование сложноэфирной связи в продуктах модификации древесины.

Сложные эфиры целлюлозы до настоящего времени не потеряли своей актуальности и находят широкое применение в промышленности. Только за последние десятилетия появилась большая группа сложных эфиров целлюлозы, при получении которых были реализованы различные подходы, что позволило создать новые практически значимые сорбционно-активные материалы; материалы медицинского назначения с пролонгированным эффектом действия лекарственных препаратов; волокна – биокатализаторы, содержащие иммобилизованные ферменты; различные добавки для строительных смесей, повышающие показатели готовых материалов; текстильные материалы из целлюлозных волокон с высокими эластическими характеристиками.

Древесные материалы, которые являются наиболее распространенным источником целлюлозы, имеют прочную сеть микрофибрилл, которая придает целлюлозе ее естественную прочность и реакционную способность. Однако чистая целлюлоза не поддается прямой переработке при литье под давлением. Одно из уникальных свойств целлюлозы заключается в том, что она химически адаптирована для выполнения необходимых функций, а также обладает термопластичностью. Поведение термопласта целлюлозы может быть улучшено, например, путем использования длинноцепочечной этерификации. Длинноцепочечные эфиры целлюлозы с длиной цепи жирных заместителей  $\geq C6$  (гексаноат целлюлозы) представляют собой материалы на биологической основе, происходящие из возобновляемых материалов. Более того, уже имеются коммерчески доступные ацетат целлюлозы с более короткой длиной цепи (СА), пропионат ацетата целлюлозы (САР) и бутират ацетата целлюлозы (СAB), которые можно подвергать термопластической переработке.

В ходе проведенной работы, нами было исследовано взаимодействие древесины осины с аминоксусной кислотой в среде толуола. Реакцию проводили в течении 1-5 часов при температурах 30-60 °С.

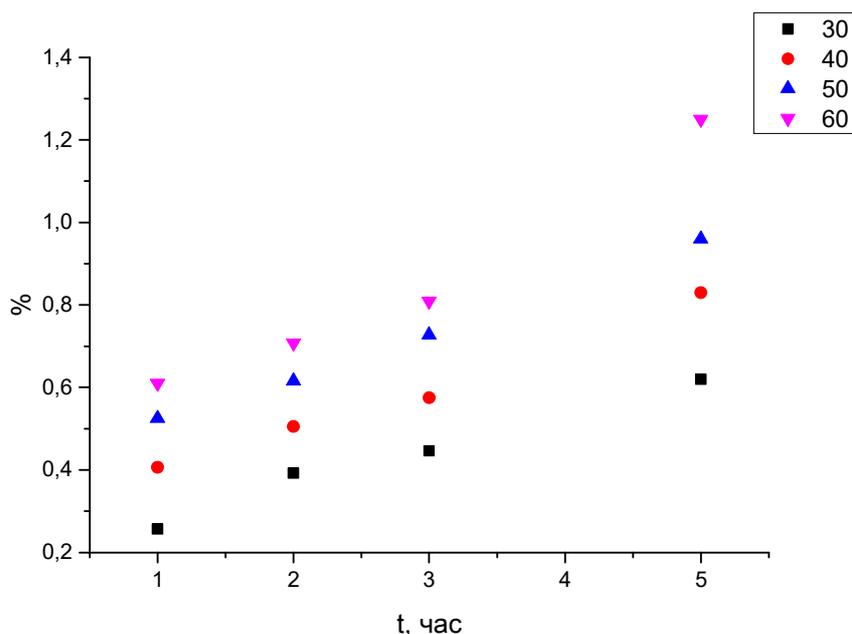


Рис. 1. Степень замещения в полученных продуктах при различных температурах

В качестве ацилирующего агента была выбрана аминокислота. Продукты взаимодействия с данной кислотой являются перспективными материалами в зависимости от степени взаимодействия, сложными эфирами с свободной ионной группой. По завершению процесса были получены продукты, хорошо смачиваемые водой и хорошо взаимодействующие с толуолом.

Вычисленные значения степени замещения в расчете на сложный эфир целлюлозы показали разброс от 0,3 при 1 часе и до 1,3 замещенного продукта при 5 часах.

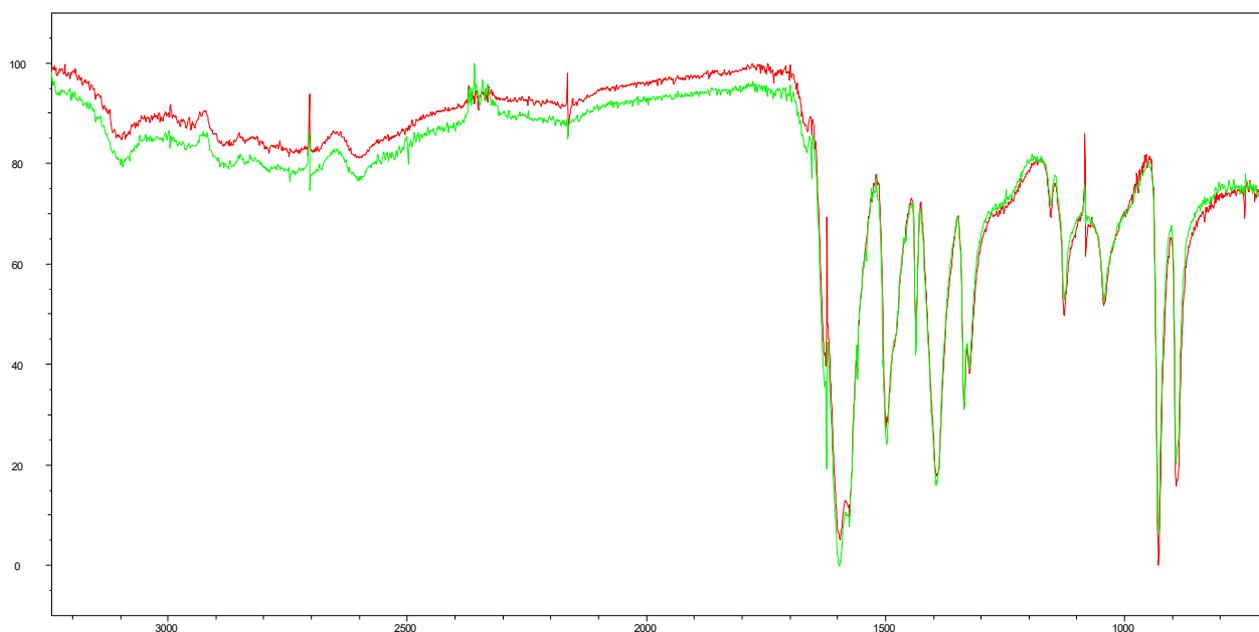


Рис. 2. ИК-спектр продукта полученного при температуре 30<sup>0</sup>С и продолжительности 1 час и продолжительности 5 часов

Как свидетельствует полученный ИК-спектр, происходит взаимодействие аминокислоты с гидроксилами древесины, появляются полосы поглощения в области 1730 см<sup>-1</sup> и 1280 см<sup>-1</sup> ответственные за колебания сложноэфирной связи, что подтверждает образование модифицированного аминокислотой древесины.

Полученные данные показывают возможность взаимодействия древесины с дикарбоновыми кислотами. Полученные продукты обладают термопластичностью и высокими гидрофобными свойствами.

### Список литературы

1. *Solvent-free fatty acylation of cellulose and lignocellulosic wastes. Part 2: reactions with fatty acids* / ICVaca-Garcia, M.EBorredon // *Bioresource Technology*, Volume 70, Issue 2, November 1999, Pages 135-142.
2. Babu R.P., O'Connor K., Seeram R. *Current progress on bio-based polymers and their future trends. Prog. Biomater.* 2013;2:2–16. doi: 10.1186/2194-0517-2-8.
3. Edgar K.J., Buchanan C.M., Debenham J.S., Rundquist P.A., Seiler B.D., Shelton M.C., Tindall D. *Advances in cellulose ester performance and application. Prog. Polym. Sci.* 2001;26:1605–1688. doi: 10.1016/S0079-6700(01)00027-2.

# ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРАХМАЛА С ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ

Е.В. Курочкина, Г.А. Гавриленко, Н.И. Никулин, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

***Аннотация.** Рассмотрен процесс получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой в среде неполярных растворителей. Методом потенциометрии определена степень замещения в полученных сложных эфирах крахмала, которая составляет от 0,5 до 0,9. В ходе работы изучены кинетические закономерности протекающей реакции. Образование сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой подтверждено методом ИК-спектроскопии.*

Ацилирование картофельного крахмала увеличивает отрасли его применения. Модификация крахмала способствует внедрению новых функциональных групп, а также позволяет варьировать степень замещения получаемых сложных эфиров крахмала. Крахмал является одним из главных компонентов для производства разнообразных продуктов с улучшенными потребительскими свойствами [1]. Актуальность работы заключается в усовершенствовании свойств сложных эфиров крахмала для их использования в различных отраслях. Использование модифицированного крахмала снижает себестоимость продукта, следовательно, данный фактор показывает перспективы разработки данной тематики. Хотя исследования в Китае проводятся сравнительно поздно, в последние два десятилетия исследования и разработка сложных эфиров крахмала постепенно созрели. В настоящее время сложные эфиры крахмала в качестве пищевых добавок в основном включают фосфатный дистарх, ацетатный крахмал, фосфат крахмала натрия, ацетилованный дисархат адипата, фосфорилированный дисархатфосфат, ацетилованный дисархатфосфат и гидроксипропилдисархат фосфат в Китае. Поскольку многие ученые уже исследовали процесс приготовления, технология синтеза была в основном сосредоточена на увеличении степени замещения, которая определяла направление применения этерифицированного крахмала.

В ходе нашей работы было проведено взаимодействие древесины осины с лимонной кислотой в среде толуола при продолжительности 0,5-5 часов с варьированием температуры от 20 до 60 °С. Полученные продукты, отмытые от непрореагировавшей кислоты, анализировали на содержание связанной лимонной кислоты (Рис. 1).

Полученные данные показывают, что реакция лучше при низких температурах. Повышение температуры может приводить к деструкции полимеров древесины и побочным реакциям конденсации лимонной кислоты.

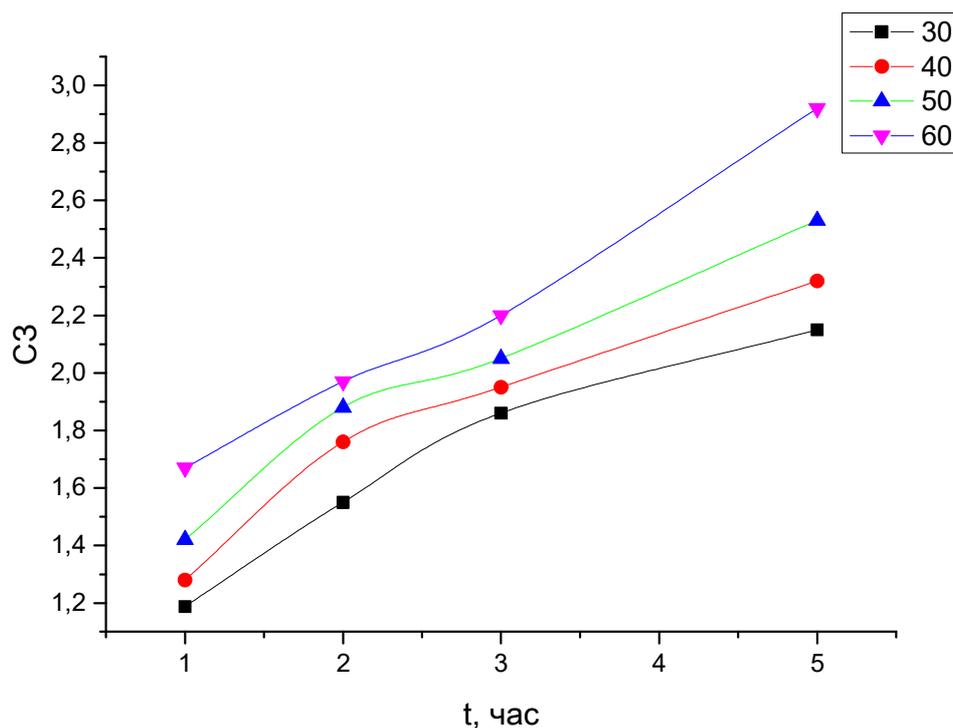


Рис. 1. Степень замещения в полученном продукте при различных температурах

Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии (Рис. 2, 3) показало образование сложноэфирных связей, при этом в продукте взаимодействия наблюдается увеличение полосы поглощения в области  $1740\text{ см}^{-1}$ , характерной для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

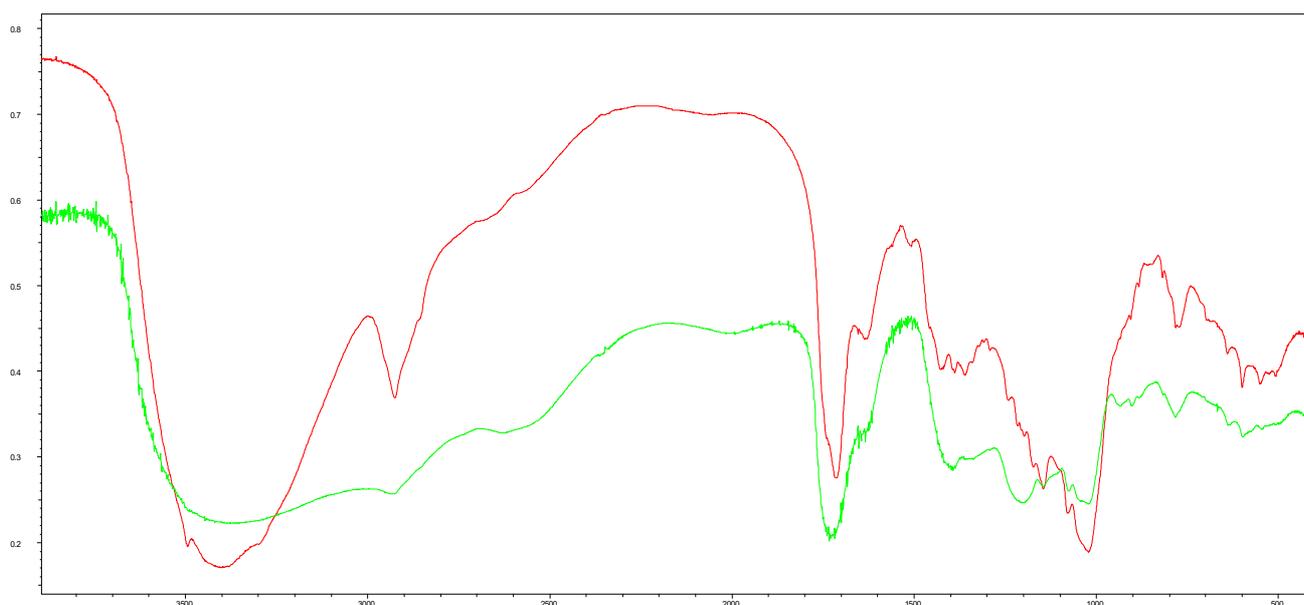


Рис. 2. ИК-спектр продукта, полученного при температуре  $30^{\circ}\text{C}$  и продолжительности 1 час

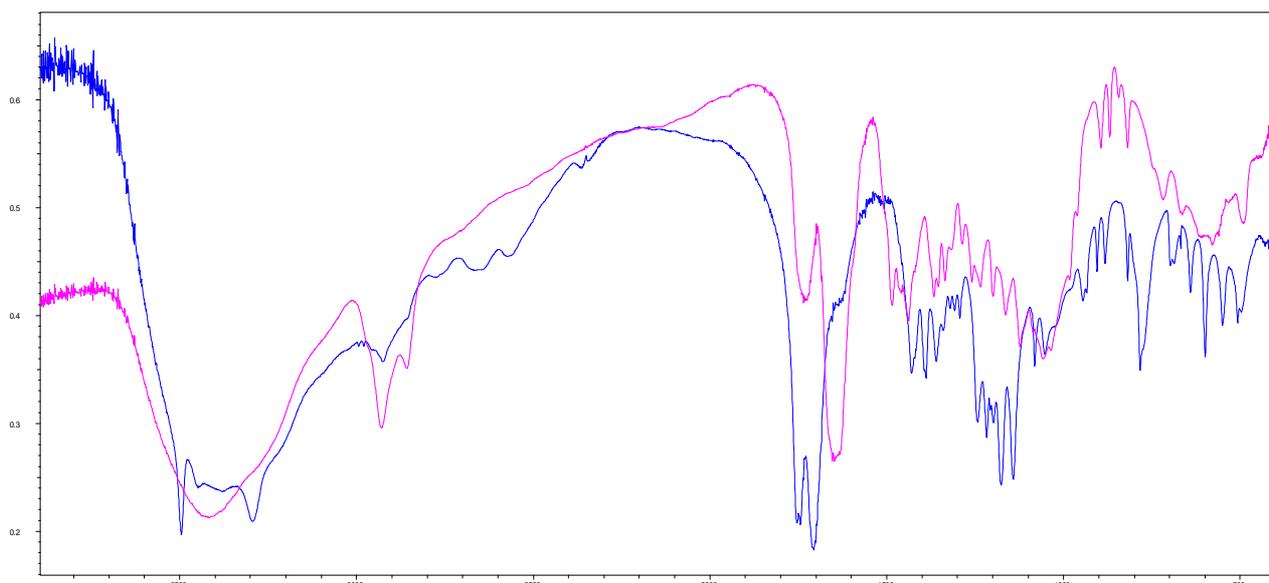


Рис. 3. ИК-спектр продукта полученного при температуре 30<sup>0</sup>С и продолжительности 5 часов

Влияние температуры на скорость реакции проявляется в увеличении константы скорости. Поскольку реакция ацилирования крахмала в толуоле является гетерогенным процессом, расчет кинетических закономерностей проводился с применением уравнения Ерофеева-Колмогорова, хорошо зарекомендовавшем себя для реакций растительного сырья.

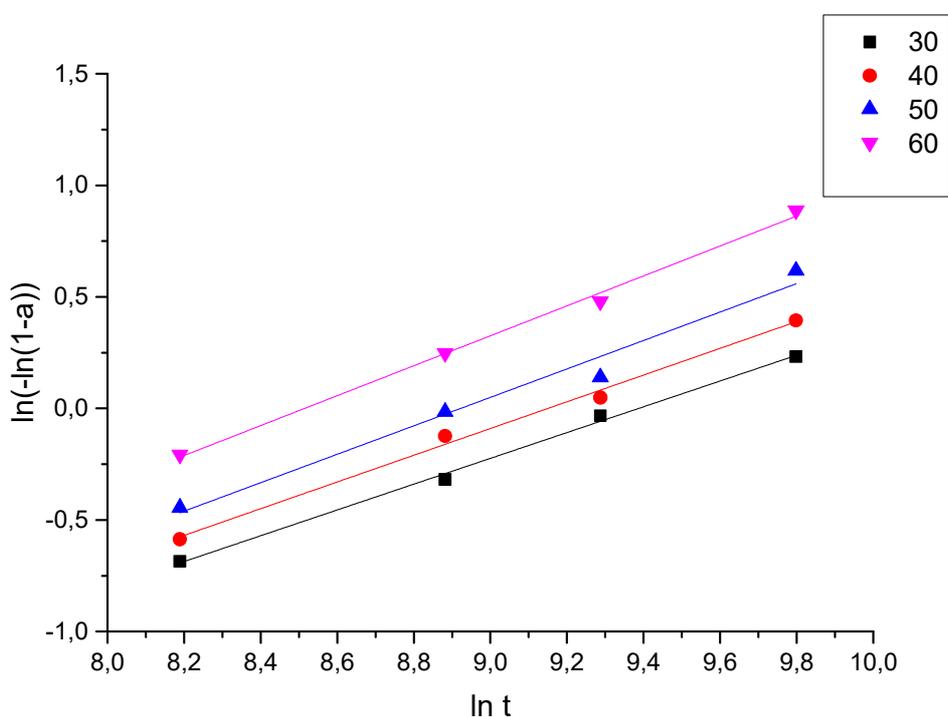


Рис. 4. Кинетические анаморфозы ацилирования крахмала лимонной кислотой

Из построенных кинетических анаморфоз (Рис. 4) были рассчитаны константы скорости реакции ацилирования крахмала и, впоследствии, рассчитаны кинетические параметры ацилирования с применением уравнения

Эйринга. Энтропия активации составляет  $-246,6$  Дж/моль\*К, энтальпия активации  $24,6$  кДж/моль.

Проведенные исследования показали возможность активации лимонной кислоты для взаимодействия с крахмалом для получения сложных эфиров крахмала. Полученные кинетические закономерности выявили влияние диффузии на процесс ацилирования в большей степени, по сравнению со скоростью образования сложноэфирной связи.

### Список литературы

1. Roger M. Rowell. *Chemical Modification of Wood* / DOI: 10.3139/9783446442504.022.

## ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ДРЕВЕСИНЫ С КАПРОЛАКТАМОМ

Т.В. Никитина, П.В. Комаров, А.И. Шалимова, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

*Аннотация.* Рассмотрен процесс получения сложных эфиров древесины с капролактамом в среде толуола и муравьиной кислоты. Методом потенциометрии определена степень замещения в полученных сложных эфирах целлюлозы, которая составляет от 0,3 до 2,4. Образование сложных эфиров целлюлозы с лимонной кислотой подтверждено методом ИК-спектроскопии.

Сложные эфиры целлюлозы до настоящего времени не потеряли своей актуальности и находят широкое применение в промышленности. Только за последние десятилетия появилась большая группа сложных эфиров целлюлозы, при получении которых были реализованы различные подходы (термические превращения, синтез привитых сополимеров, образование пространственной структуры). Таким образом были получены сложные эфиры с заданными свойствами, что позволило создать новые практически значимые сорбционно-активные материалы; материалы медицинского назначения с пролонгированным эффектом действия лекарственных препаратов; волокна – биокатализаторы, содержащие иммобилизованные ферменты; различные добавки для строительных смесей, повышающие показатели готовых материалов; текстильные материалы из целлюлозных волокон с высокими эластическими характеристиками.

Получение сложных эфиров целлюлозы с аминокислотами является перспективным направлением переработки древесины. Получаемые продукты обладают биологически-активными и фармакологическими свойствами и в то же время являются прекрасным адсорбентом. Связывает различные микроорганизмы, продукты их жизнедеятельности, токсины экзогенной и

эндогенной природы, аллергены, ксенобиотики, тяжелые металлы, радиоактивные изотопы, аммиак, двухвалентные катионы и способствует их выведению через ЖКТ. Оказывает энтеросорбирующее, дезинтоксикационное, противодиарейное, антиоксидантное, гиполипидемическое и комплексообразующее действие. Компенсирует недостаток естественных пищевых волокон в пище человека, положительно влияя на микрофлору толстого кишечника и на неспецифический иммунитет. В отличие от антибактериальных ЛС не приводит к развитию дисбиоза.

В ходе проделанной работы, нами были проведены опыты по синтезу сложных эфиров древесины с аминокaproновой кислотой.

Взаимодействие древесины с капролактамом проводили в среде толуола с муравьиной кислотой. Для этого сперва навеску древесины помещали в толуол при заданной температуре для предварительного набухания и добавляли муравьиную кислоту для предварительной активации гидроксильных групп. Впоследствии добавляли капролактам и выдерживали заданное время при данной температуре. Полученные продукты анализировали на содержание аминокaproновой кислоты.

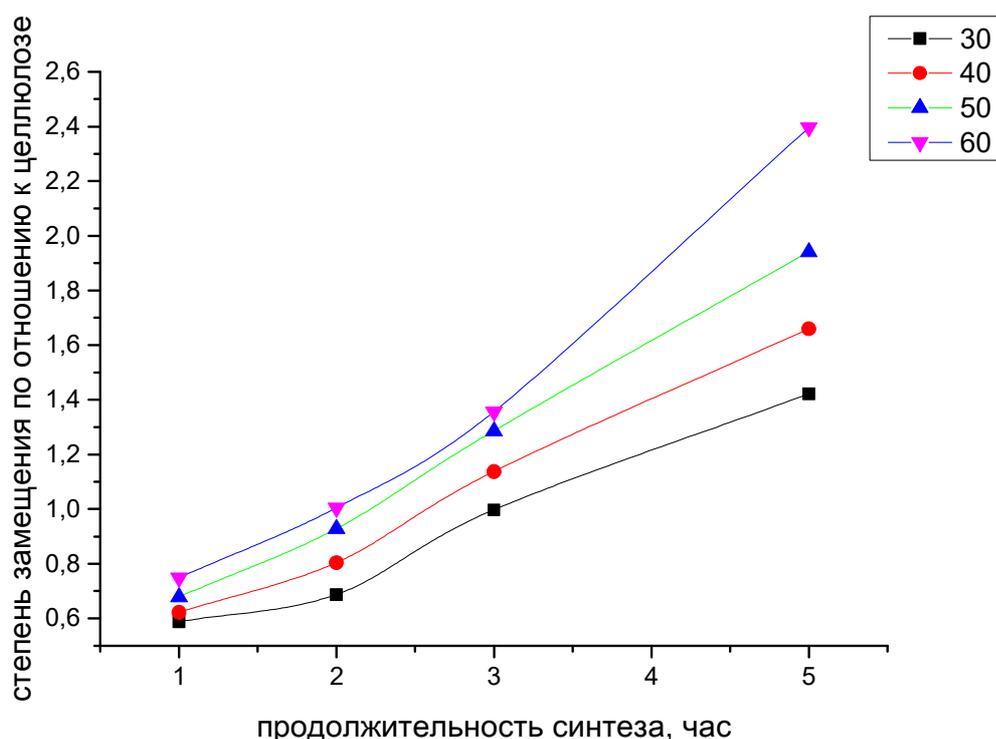


Рис. 1. Количество связанных гидроксильных групп в древесине

В этом случае наблюдается более глубокая степень превращения, по сравнению с реакцией взаимодействия с целлюлозой. Очевидно, в данном случае муравьиная кислота не только раскрывает цикл капролактама, делая его реакционноспособным, но и взаимодействует с гидроксилами древесины, предварительно активируя их.

Также полученные продукты анализировали методом ИК-спектроскопии.

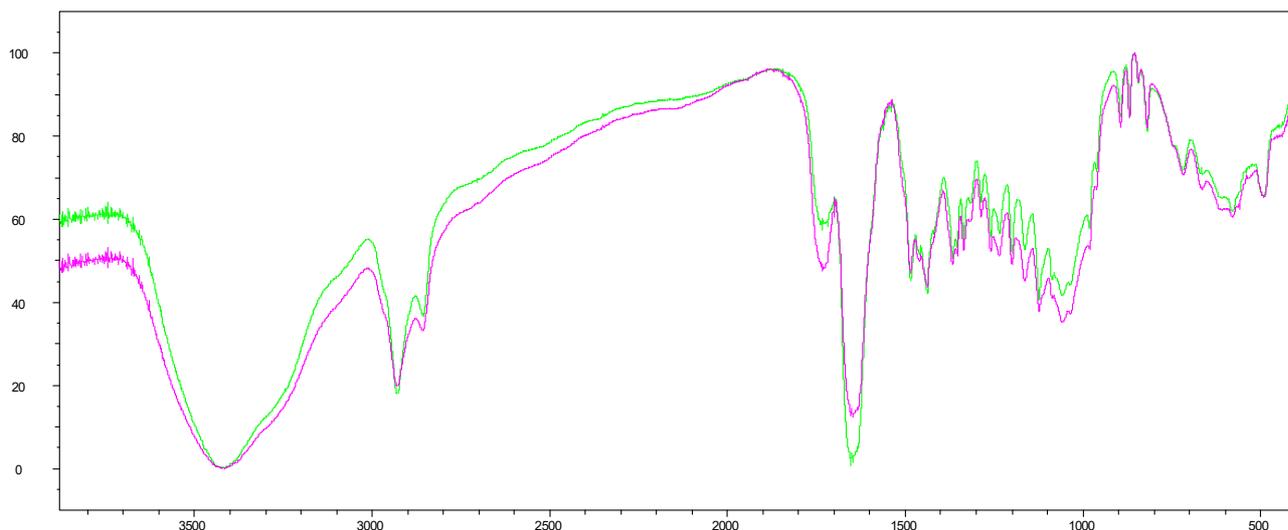


Рис. 2. ИК-спектр продуктов взаимодействия древесины с капролактамом при продолжительности синтеза 1 час (зеленый) и 5 часов (красный)

Как свидетельствует полученный ИК-спектр, происходит взаимодействие аминокaproновой кислоты с гидроксилами древесины, появляются полосы поглощения в области  $1730\text{ см}^{-1}$  и  $1280\text{ см}^{-1}$  ответственные за колебания сложноэфирной связи, что подтверждает образование модифицированного аминокaproновой кислотой древесины.

Таким образом, в ходе проведенной работы нами были получены аминопроизводные древесины на основе капролактама. Образование сложноэфирной связи древесины с аминокaproновой кислотой подтверждено методом ИК-спектроскопии.

### Список литературы

1. Ling Jiang, Shumian Li, Xiaofeng Li, Zhancal Li, Xiaojie Wang. «Preparation of Aminolignin from Paper Mill Sludge and Its Discolouring Flocculant Performance». Henan Provincial Key Laboratory of Surface & Interface Science, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, P.R. China. *Asian J. Chem.* / 2013 / 25(3) / pp 1279-1284.

## ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫМ ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

А.А. Гушин, Е.Ю. Квиткова, М.А. Соколова, А.И. Филиппова  
Ивановский государственный химико-технологический университет,  
г. Иваново

**Аннотация.** Работа посвящена изучению процессов окисления 2,4-дихлорфенола (2,4-ДХФ), растворенного в воде, под действием диэлектрического барьерного разряда (ДБР) при добавлении в раствор ферратов. Показано, что степень разложения 2,4-ДХФ в таком совмещенном окислительном процессе достигает 98 %. Выявлено, что при обработке

*модельных растворов в ДБР с добавлением окислителя скорость деструкции 2,4-ДХФ увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с индивидуальными процессами окисления.*

Загрязнение водных объектов является важнейшей экологической проблемой во всём мире. К приоритетным загрязнителям гидросферы относятся фенолы, в частности 2,4-дихлорфенол (2,4-ДХФ), являющийся высокотоксичным соединением и обладающий канцерогенными свойствами в отношении живых объектов. Эта группа веществ зачастую присутствует в промышленных сточных водах производства пластмасс, смол, текстиля, стали и бумаги [1], поэтому очистка сточных вод этих производств является актуальной задачей.

Для очистки воды от стойких органических загрязняющих веществ всё большее применение находят окислительные методы, позволяющие обеспечить глубокую очистку воды от широкого спектра загрязнителей. Так, использование плазменных технологий, в частности, диэлектрического барьерного разряда (ДБР), характеризующегося высоким выходом активных частиц, позволяет удалять загрязняющие вещества с эффективностью до 99,9 % [1, 2]. Совмещение плазмы с традиционными методами очистки может привести к синергетическому эффекту и значительно увеличить эколого-экономические показатели процессов деструкции загрязнителей. Одним из путей интенсификации процесса является введение в плазменные системы дополнительных окислительных агентов, например, ферратов (соли, содержащие феррат-анион  $\text{FeO}_4^{2-}$ ), которые широко используются для обеззараживания и дезинфекции воды [3].

Таким образом, целью работы являлось исследование комбинированного действия диэлектрического барьерного разряда и ферратов для удаления из воды 2,4-ДХФ.

В работе использовались водные растворы 2,4-ДХФ с концентрацией ( $C_n$ ) в диапазоне 5-50 мг/л. Эксперимент проводился на установке, реализующей ДБР планарного типа, подробное описание которой приведено в работе [4]. Барьерный разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора, величина приложенного к электродам напряжения составляла 13 кВ. Расход плазмообразующего газа, в качестве которого использовался кислород, составлял 3 см<sup>3</sup>/с. Феррат с концентрацией 1 г/л был синтезирован из хлорида железа ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) с использованием гипохлорита и гидроксида натрия. Время обработки проб изменялось в диапазоне 5-30 минут.

Экспериментально установлено, что максимальная эффективность удаления ( $\alpha$ ) 2,4-ДХФ из водных растворов (при начальной концентрации 2,4-ДХФ равной 5 мг/л) как в реакторе ДБР, так и при обработке ферратами не превышала 85 %, а при совместном их воздействии на раствор  $\alpha$  достигала 98 %. С увеличением начальной концентрации 2,4-ДХФ в растворе с 5 до 50 мг/л степень его разложения в ДБР снижается в 1,5 раза, при обработке ферратом – в 1,7 раза, а комбинированным окислительным методом – в 1,3 раза.

Кроме того, эффективность деструкции 2,4-ДХФ зависит от времени обработки и увеличивается в 1,4-3,2 раза с ростом времени обработки с 5 до 30 минут.

Сравнение кинетических параметров исследуемых процессов окисления показало, что для начальных концентраций 25 и 50 мг/л в комбинированном процессе константы скорости и скорости деструкции 2,4-ДХФ примерно в 2 раза выше, чем для индивидуальных процессов окисления.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о существенном преимуществе использования комбинированного метода очистки воды, причём совмещение ДБР с ферратом возможно использовать для очистки воды в широком диапазоне концентраций загрязняющих веществ.

*Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671). Работа выполнялась в рамках государственного задания на выполнение НИР: тема № FZZW-2020-0009.*

### Список литературы

1. *Plasma-assisted advanced oxidation process by a multi-hole dielectric barrier discharge in water and its application to wastewater treatment / S. Ma, K. Kim, S. Chun [et al.] // Chemosphere. – 2020. – Т. 243. – С. 125377.*

2. *Gushchin A.A. Destruction Kinetics of 2,4 Dichlorophenol Aqueous Solutions in an Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge in Oxygen / A.A. Gushchin, V. I. Grinevich, V. Y. Shulyk [et al.] // Plasma Chemistry and Plasma Processing. – 2018. – Vol. 38. – № 1. – P. 123-134.*

3. *Ghernaout D., Naceur M.W. Ferrate (VI): In situ generation and water treatment – A review // Desalination and Water Treatment. – 2011. – Т. 30. – №. 1-3. – С. 319-332.*

4. *Grinevich V.I. Деструкция углеводов масла в водных растворах в кислородном диэлектрическом барьерном разряде атмосферного давления / V.I. Grinevich, V. V. Rybkin, V. A. Lyubimov, A. A. Gushchin // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2017. – Т. 60. – № 8. – С. 20-27.*

## ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В.С. Паукова

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске,

г. Смоленск

**Аннотация.** Технологическая схема очистки сточных вод пищевых предприятий. Совершенствование деятельности очистки сточных вод. Основные этапы очистки вод. Состав сточных вод в зависимости от технологического процесса.

Выбор и обоснование технологической схемы очистки сточных вод – непростая задача. Это связано с тем, что в воде находится огромное многообразие различных видов примесей, кроме того к очистке воды с течением времени применяются все более ужесточенные требования.

При выборе метода очистки воды от посторонних включений принимают во внимание не только не только состав сточных вод, но и требования, которым должны соответствовать обработанные воды. Так, например, для сброса в водоемы существует предельно допустимые сбросы (ПДС), концентрация веществ так же контролируется (ПДК). Для того, чтобы сточные воды использовались в дальнейшем производстве, существуют требования, необходимые для выполнения определенных технологических операций.

Основные способы очистки сточных вод:

- механический;
- биологический;
- физико-химический;
- химический.

Сточные воды пищевых заводов имеют сильно концентрированные биологически активные вещества, в следствии этого рационально применять способы эффективного обеззараживания. Сложность подбора технологической схемы очистки состоит в том, что в стоках присутствуют вещества, которые возможно применить для дальнейшего использования, например, жиры – находят широкое применение в косметическом производстве, остатки костной ткани и минерализованный осадок – используются как удобрения и биодобавки.

Пищевые предприятия, осуществляющие наиболее высокий уровень загрязнения сточных вод: молочная промышленность, мясная, рыбная, кондитерская.

В силу описанных особенностей необходимо совершенствование существующих способов для очистки сточных вод, введение новых эффективных станций очистки с использованием современных машин и аппаратов.

Основными факторами, при выборе наиболее оптимальной технологии очистки сточных вод пищевого производства, являются требования к качеству очищенной воды. В силу высокой концентрации загрязняющих веществ, а также большого количества органических соединений и минеральных взвесей, необходимо проводить очистку вод в несколько этапов. С помощью ступенчатой очистки возможно достижение той степени, которая подходит для сброса в водоем.

Основные этапы очистки сточных вод выбранной технологической схемы.

- очистка с помощью решёток-уловителей от жестких включений;
- извлечение жиров и жироподобных соединений с помощью сепараторов и жироловушек;
- утилизация коллоидных включений, а также эмульсированных жиров в соответствующих конструкциях (флотатор);
- сбор и отщепление молекул воды от флотошлампа;

- рнагентная обработка коагулянтами и флокулянтами;
- осветление с помощью отстаивания и процеживания.

Сточные воды пищевых предприятий неоднородно поступают на очистку, в следствии различного количественного и качественного состава загрязняющих включений, который напрямую зависит от технологического процесса. На основе этого потоки сточных вод необходимо усреднять после проведения процесса механической очистки.

Важно заметить, что если планируется сброс воды в водоёмы, предназначенные для рыбного хозяйства, необходимо проводить следующие стадии очистки:

- биологическая очистка;
- нитрификация;
- денитрификация;
- обеззараживание.

Некоторые пищевые предприятия целесообразно используют на каждом этапе технологического процесса только питьевую воду, что в свою очередь затрудняет дальнейшее использование обработанной жидкости.

Таким образом, подобрана наиболее рациональная технологическая схема очистки сточных вод пищевых производств. Важно учесть, что в зависимости от отрасли промышленности, подвергается изменениям выбранная технологическая схема.

### **Список литературы**

1. Алексеев Е.В. *Основы технологии очистки сточных вод флотацией. Монография, научное издание / Е.В. Алексеев. – М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2014. – 786 с.*

2. Василенко Л.В. *Методы очистки промышленных сточных вод: учеб. пособие / Л.В. Василенко, А.Ф. Никифоров, Т.В. Лобухина. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. университет, 2009. – 174 с.*

## **К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

Я.В. Комаров

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,  
г. Воронеж

*Аннотация.* В статье представлен анализ типовых технологических процессов разработки и проектирования транспортных и технологических машин.

Составлен и предложен усовершенствованный технологический процесс разработки и проектирования деталей, узлов и агрегатов транспортных и

технологических машин с целью оптимизации процесса подбора материалов с учетом их приспособленности к утилизации.

Разработана теоретическая схема САПР транспортных и технологических машин с интегрированным интеллектуальным модулем поддержки принятия решений для подбора оптимального материала с учетом его приспособленности к утилизации.

**Ключевые слова:** утилизация, транспортные и технологические машины, система автоматизированного проектирования, приспособленность к утилизации, модуль поддержки принятия решений.

На современном этапе развития машиностроительной отрасли все более остро стоит проблема утилизации транспортных и технологических машин (ТиТМ) [1, 2]. Ежегодно на территории Российской Федерации (РФ) образуется около 7 млрд. тонн отходов производства и потребления, из которых более 65 млн. тонн приходится на отходы от технической эксплуатации и ремонта ТиТМ [3].

В стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 года, утвержденной указом Президента РФ № 176 от 19 апреля 2017 г., одним из приоритетных направлений в области обеспечения экологической безопасности является развитие системы эффективного обращения с отходами производства и потребления, создание индустрии утилизации, в том числе повторного применения, таких отходов. В связи с чем поиск новых технологических и технических решений для повышения эффективности системы утилизации вторичных ресурсов от технической эксплуатации и ремонта ТиТМ является важной задачей.

Транспортные и технологические машины, на всех стадиях жизненного цикла от оформления идеи до окончания физического существования последнего экземпляра (Рис. 1), являются потенциальными источниками вторичных материальных ресурсов, которые необходимо возвращать в народное хозяйство [4].



Рис. 1. Стадии образования потоков вторичных ресурсов в процессе жизненного цикла ТиТМ

Рассмотрим компонентный состав ТиТМ на примере легкового автомобиля (табл. 1) [5].

Таблица 1  
Компонентный состав легкового автомобиля

Компоненты	Доля, %	Класс опасности
Утилизируемые:		
Лом черных металлов	51,2	V
Лом цветных металлов	5,9	IV
Отходы полимерных материалов	9,4	IV
Покрышки с металлическим кордом	2,9	IV
Резинотехнические изделия	3,8	IV
Масла моторные	0,3	III
Масла трансмиссионные	0,3	III
Тормозная жидкость	0,1	III
Охлаждающая жидкость	0,8	III
Стекло	3,4	V
Аккумуляторная батарея с не слитым электролитом	2,4	II
Изделия сложно комбинированного состава в виде изделий, оборудования, устройств не вошедшие в другие пункты (масляные фильтры)	0,1	III
Неутилизируемые:		
Полиуретан	4,8	V
Ткань из полиакрилового волокна	1,3	IV
Тормозные колодки	0,2	V
Изделия сложно комбинированного состава в виде изделий, оборудования, устройств не вошедшие в другие пункты (воздушные фильтры, топливные фильтры и др.)	13,1	IV

Как видно из табл. 1 современный легковой автомобиль состоит из более чем 15 видов отходов, которые необходимо утилизировать (перерабатывать или уничтожать). Доля неутилизируемых вторичных ресурсов составляет порядка 20 %. При этом переработка большинства утилизируемых компонентов ТиТМ является достаточно ресурсозатратным процессом.

Для снижения ущерба окружающей среде и вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот необходимо оптимизировать конструкцию ТиТМ для более эффективной утилизации и рецелирования отходов от технической эксплуатации и ремонта ТиТМ [6].

В целях повышения эффективности проектирования, а также снижения потерь от принятия необоснованных решений на предприятиях промышленности, в том числе занимающихся производством ТиТМ, используются системы автоматизированного проектирования (САПР) [7].

На Рис. 2 представлены основные стадии разработки и проектирования ТиТМ и этапы выполнения работ с применением существующих САПР.

Передовые предприятия автомобильной промышленности уделяя серьезное внимание проблеме утилизации ТиТМ уже на стадиях разработки и проектирования в существующих САПР закладывают требования по утилизации. В частности, разрабатываются специальные каталоги и инструкции

для демонтажа с отслужившего автомобиля узлов и агрегатов, рекомендуемых для переработки. Для облегчения идентификации деталей и материалов, пригодных для утилизации, на них наносится соответствующая маркировка [8].

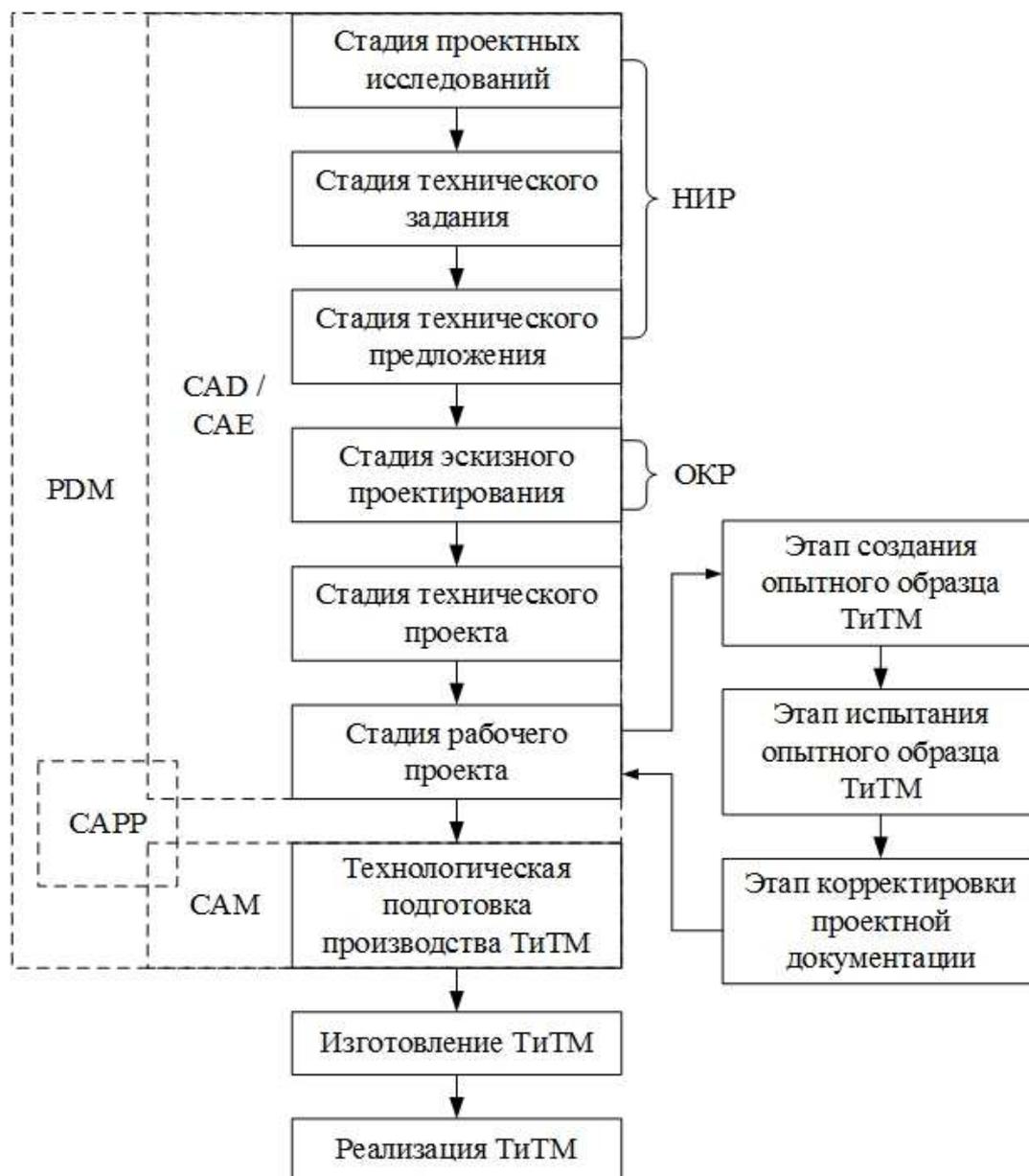


Рис. 2. Стадии разработки TiTM и этапы выполнения работ с применением САПР (CAD / CAE / CAM / CAPP / PDM)

Однако в существующих САПР не реализована функция, позволяющая на стадиях разработки и проектирования TiTM оптимизировать процесс подбора материалов с учетом их приспособленности к утилизации.

Исходя из проведенного анализа предлагается дополнить существующие САПР TiTM интеллектуальным интегрированным модулем поддержки принятия решений (ИМППР) для подбора оптимального материала с учетом его приспособленности к утилизации. В процессе разработки и проектирования TiTM, их узлов и агрегатов на этапе подбора материала система предлагает

материал, который по своим физико-техническим требованиям и приспособленности к утилизации является наиболее оптимальным для данного узла или агрегата, и позволяет в полном объеме выполнять заданные эксплуатационные характеристики на всех этапах жизненного цикла.

Смоделированная структура ИИМППР в составе САПР, а также функции составляющих ее элементов представлены на Рис. 3.

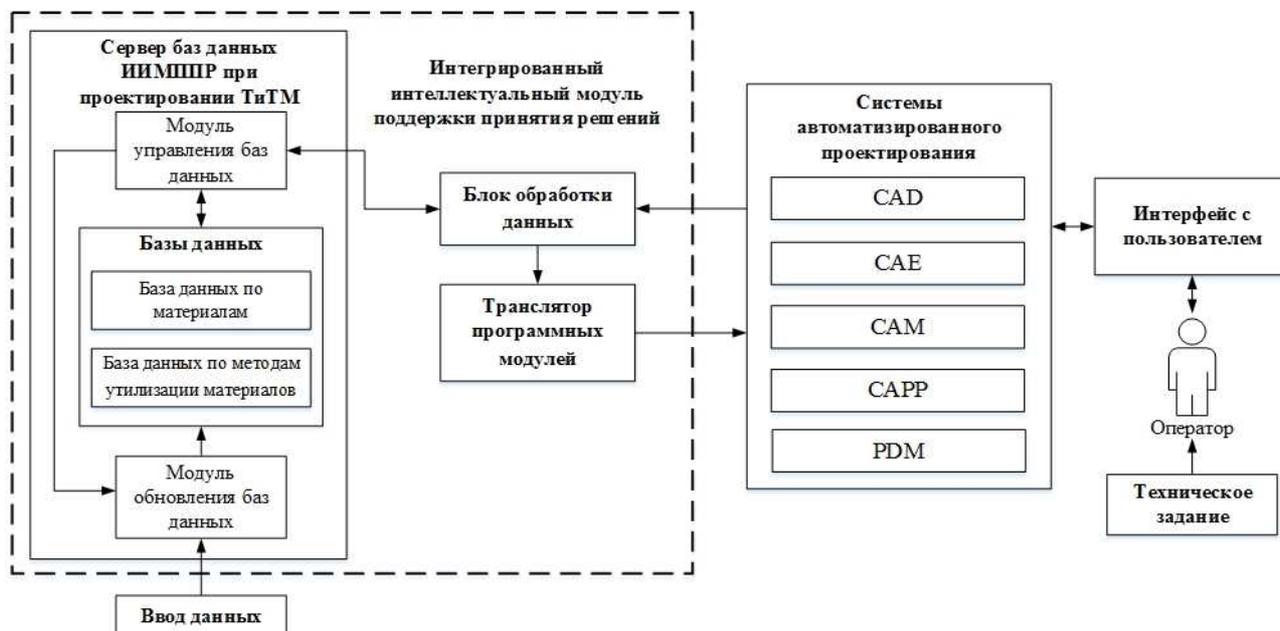


Рис. 3. Структурная схема САПР с интегрированным интеллектуальным модулем поддержки принятия решений для подбора оптимального материала с учетом приспособленности к утилизации

Внедрение данного модуля в САПР позволит на стадии проектирования деталей, узлов и агрегатов ТиТМ выбрать оптимальный материал с учетом его приспособленности к утилизации исходя из заданных эксплуатационных характеристик.

**Выводы.** Произведен анализ типовых стадий разработки и проектирования ТиТМ с применением существующих САПР. На основе проведенного анализа предложен модернизированный процесс разработки и проектирования деталей, узлов и агрегатов ТиТМ с целью оптимизации процесса подбора материалов с учетом их приспособленности к утилизации.

Составлена структурная схема САПР ТиТМ с интегрированным интеллектуальным модулем поддержки принятия решений для подбора оптимального материала с учетом приспособленности к утилизации.

### Список литературы

1. Володькин П.П. Утилизация отходов автотранспортного комплекса / П.П. Володькин // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ», 2013. – Том 4. – № 4. – С. 1514-1518. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ejournal.khstu.ru/media/2013/TGU\\_4\\_286.pdf](http://ejournal.khstu.ru/media/2013/TGU_4_286.pdf) (дата обращения 23.11.2021).

2. Дидманидзе О.Н. Ресурсосбережение на автомобильном транспорте: учебное пособие / О.Н. Дидманидзе, Г.Е. Митягин, А.М. Измайлов, А.М. Карев. – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 84 с.

3. Охрана окружающей среды в России. 2020: Стат. сб. / Росстат. – М., 2020. – 113 с.

4. Комаров Я.В. Совершенствование организации и технических средств обращения с отходами на сервисных предприятиях АПК: дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.20.03) / Я.В. Комаров; ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – Воронеж, 2018. – 171 с.

5. Мишанина Т.Ю. Компонентный состав и класс опасности вышедшего из эксплуатации автомобиля / Т.Ю. Мишанина, С.Ю. Сушкова, А.Б. Ярошевский // Экология производства, 2010. – № 6. – С. 48-53.

6. Пухов Е.В. Совершенствование системы утилизации отходов предприятий технического сервиса транспортных и технологических машин АПК: дис. на соиск. учен. степ. док. тех. наук (05.20.03) / Е.В. Пухов; ФГБОУ ВПО ВГЛТА. – Воронеж, 2013. – 293 с.

7. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 430 с.

8. Методические указания по разработке конструкции и оформлению КД для обеспечения возможности утилизации автомобилей [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://gazgroup.ru/upload/iblock/3ec/cto\\_01\\_02\\_10\\_my02.pdf](https://gazgroup.ru/upload/iblock/3ec/cto_01_02_10_my02.pdf) (дата обращения 1.12.2021).

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТАНТЫ ГЕНРИ НА МИНИМИЗАЦИЮ ИНТЕРВАЛОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ В МЕТОДЕ МОМЕНТОВ**

А.Г. Дмитриенкова, А.В. Ларин

Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН,  
г. Москва

*Аннотация.* Ранее было показано, что ошибки вычисления центра тяжести в методе моментов носят функциональную зависимость от относительной длины слоя адсорбента. В настоящей работе методом моделирования проведена оценка возможного влияния константы Генри на такие функциональные зависимости. Показано, что константы Генри не влияют на указанные зависимости, их ход определяется относительной длиной слоя адсорбента.

При реализации многих экологических процессов широко применяют твердые адсорбенты. Метод хроматографии широко используется для получения информации об адсорбционных свойствах таких материалов. Вычисления кинетической и адсорбционной констант часто проводятся методом моментов. При вычислениях моментов кривых элюирования возникают ошибки, связанные с завышением интервала интегрирования. Это обусловлено тем, что флуктуация

цифрового сигнала и дрейф базовой линии участков полученного сигнала, не относящихся, собственно, к экспериментальной кривой элюирования (КЭ), могут значительно изменить точность вычисления. Достоверность вычисления можно повысить регулируемой минимизацией интервала интегрирования.

В работах [1-4] алгоритм поиска минимального интервала интегрирования привязан к рассмотрению конкретных КЭ и не анализируются общие закономерности функционального поведения минимальных интервалов интегрирования. Уже в [5] при рассмотрении проблемы минимизации интервалов интегрирования использован общий методологический подход, вытекающий из основных положений теории слоя равновесной адсорбции. В этой достоверной модели было обнаружено, что форма кривой элюирования определяется только изотермой адсорбции и относительной длиной слоя адсорбента.

Нами предложен методологический подход, связанный с получением зависимостей фиксированных ошибок расчета моментов от относительной длины слоя адсорбента. Проведенное в [6] исследование минимизации интервала интегрирования при одном фиксированном значении константы Генри привело к получению таких функций, которые удовлетворительно линеаризуются. Актуальным становится вопрос об общем характере полученных зависимостей. Целью работы является выявление возможного влияния константы Генри на вид функций фиксированных ошибок вычисления моментов от относительной длины слоя адсорбента ( $n$ ).

Кривые элюирования (КЭ) рассчитывали в соответствии с уравнением, используемом в модели слоя равновесной адсорбции. При анализе возможного влияния константы Генри на вид функций ошибок использовали моделирование КЭ при трех значениях константы  $b$ . Полагали, что изменение  $b$  связано только с константой Генри. Для произвольного интервала времени рассчитывали центры тяжести и далее, сравнивая с истинным их значением, определяли относительную ошибку вычисления. Расчеты проводили отдельно для левой и правой частей от максимума КЭ. Положение интервала интегрирования связывали с позицией максимума КЭ. бесконечности, а Для левой части КЭ интервал интегрирования изменяется от  $T_l$  до для правой части от нуля до  $T_r$ . Рассчитанные ошибки вычисления моментов сопоставлялись с исправленным временем удерживания  $t'_R$ . Другой нормированной величиной стало отношение концентраций в точке фиксации интервала интегрирования к максимуму КЭ  $c_{max}:c_l$  и  $c_r$ . Результаты собраны в таблице.

Значения нормированных параметров при ошибке вычисления центра тяжести ( $t_c$ ), равной 1 %, для левой и правой частей КЭ при  $n = 4$

$b, c^{-1}$	$T_l/t'_R$	$c_l/c_{max}$	$T_r/t'_R$	$c_r/c_{max}$
0.303	0.289	0.204	3.676	0.016
0.9	0.289	0.204	3.676	0.016
3	0.289	0.204	3.676	0.016

Полученные результаты, в которых нормированные величины совпадают и не зависят от константы  $b$ , доказывают, что зависимости фиксированных ошибок определяются только относительной длиной слоя адсорбента.

Далее, для этих же интервалов интегрирования, были рассчитаны ошибки вычисления второго центрального момента  $\mu_2$  и  $n$ . Оказалось, что ошибка их вычисления увеличилась, но не стала зависимой от константы  $b$ . Это означает, что при вычислении высших моментов интервалы интегрирования увеличиваются, но в любом случае оптимальный интервал интегрирования не зависит от константы Генри, а определяется только относительной длиной слоя адсорбента  $n$ .

### Список литературы

1. Verstraeten M., Liekens A., Desmet G.T. Accurate determination of extra-column band broadening using peak summation // *J. Sep. Sci.* – 2012. – V. 35. – P. 519.

2. Gao H., Wu X., Lin B. Application of Moment Analysis to Mass Transfer Kinetics of Reversed-Phase Liquid Chromatography: Part 1. Experimental Investigation of Measurement of the Third Central Moment // *J. Chromatogr. Sci.* – 2010. – V. 48. – P. 478.

3. Liu Zh., Roinined J., Pulkkinen I., Saari P., Sainio T., Alopaeus V. A new moment analysis method to estimate the characteristic parameters in chromatographic general rate model // *Comput. Chem. Eng.* – 2013. – V. 55. – P. 50.

4. Leweke S., von Lieris E. Fast arbitrary order moments and arbitrary precision solution of the general rate model of column liquid chromatography with linear isotherm // *Comput. Chem. Eng.* – 2016. – V. 84. – P. 350.

5. Дмитриенкова А.Г. Выбор интервала интегрирования при вычислении моментов в адсорбционных технологиях в сборнике *Инновационные наукоемкие технологии: тезисы докладов международной науч.-технической конференции, место издания Инновационные технологии / А.Г. Дмитриенкова, А.В. Ларин.* – Тула, 2014. – С. 54-57.

6. Дмитриенкова А.Г. Минимизация интервала интегрирования при вычислении центра тяжести кривой элюирования / А.Г. Дмитриенкова, А.В. Ларин // *Физикохимия поверхности и защита материалов.* – 2019. – Т. 55, № 6. – С. 563-567.

## ОТХОДЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Маслова, Ф.И. Четырешников  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема переработки отходов гальванического производства, а также приводятся методы, которые могут помочь решить проблему загрязнения окружающей среды отходами

*гальванического производства, что сделает гораздо стабильнее экологическую обстановку окружающей среды.*

Отходы гальванического производства – шлам, содержат значительные количества дорогостоящих и дефицитных компонентов, которые в свою очередь являются сильными ядами, способными оказывать канцерогенное, мутагенное и тератогенное воздействие на человека. Ионы тяжелых металлов оказывают губительное действие на микроорганизмы очистных сооружений, прекращают или замедляют процессы биологической очистки сточных вод и сбрасывание осадков в метантенках (железобетонный резервуар значительной ёмкости (до нескольких тыс. м<sup>3</sup>) для биологической переработки (сбраживания) с помощью бактерий и др. микроорганизмов в анаэробных условиях (без доступа воздуха) органической части осадка сточных вод). Токсичные металлы в водоемах не подвергаются самоочищению, а наоборот, губительно действуют на флору и фауну и тормозят процессы самоочищения водоемов.

На предприятии АО «Электромашиностроительный завод» проблема захоронения гальванических шламов решается простым способом – их размещением в поверхностном шламохранилище. В год на предприятии образуется около 0,2 тыс. тонн.

А так как гальванические шламы, основу которых составляют гидроксиды тяжелых металлов: хром, цинк, кадмий, железо и др., согласно ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды», такие отходы относятся к 3 классу опасности, т.е. являются высокотоксичными отходами, то проблема их утилизации остается для данного предприятия нерешенной [6].

Технологической основой процесса является электролиз. Для его проведения используют специальные ванны, которые наполняются электролитом. При гальваническом цинковании в ванну загружаются железные изделия и при помощи электродов через них пропускается электрический ток. То же самое осуществляется и с цинком. Электрический ток в электролите начинает двигаться, упорядоченно следуя за разностью потенциалов. Цинк, который является анодом, растворяется, и его ионы стремятся к катоду, т.е. железным деталям. Там цинк оседает, образуя равномерное покрытие. Для нанесения гальванических цинковых покрытий можно использовать различные типы электролитов: кислые – сульфатные, хлоридные, фторборатные, сульфаматные; слабокислые – хлоридные и аммиакатные; щелочные – цианистые, цинкатные, пирофосфатные, аминокислотные, а также их комбинации. По разным причинам в практике гальванотехнике наиболее широкое распространение получили лишь несколько видов электролитов: щелочные – цианистые и цинкатные, кислые – сульфатные, а также слабокислые – хлоридные и аммиакатные [1].

Технологический процесс нанесения гальванического покрытия на АО «ЭМЗ» состоит из двух основных операций: кадмирования и цинкования.

Кадмирование – процесс нанесения кадмиевых покрытий на поверхность стальных изделий методом электролитического осаждения с целью защиты их от

коррозии. Толщина покрытий обычно составляет 6-25 мкм. Высокая пластичность кадмиевого покрытия используется для покрытия резьбовых соединений, при этом обеспечивается герметичность при их затяжке. Кадмирование производят также в целях предупреждения или снижения электродвижущей силы работающих гальванических элементов. Обычно для кадмирования применяют электролиты на основе простых солей кадмия с добавками коллоидов (желатина или клея), получая вполне удовлетворительную структуру покрытия.

Самой значимой проблемой промышленных предприятий, которые имеют гальваническое производство, есть проблема ликвидации и утилизации гальванических шламов – осадки, которые образуются в процессе очистки гальванических сточных вод электрокоагуляционным и реагентными методами. Шлам – смесь труднорастворимых гидроксидов, карбонатов, сульфидов тяжелых металлов.

Проблема утилизации осадков сточных вод давно привлекает внимание ученых и специалистов, но никогда она не была столь актуальна и неотложна, как в настоящее время, так как проводятся крупные мероприятия, в государственном масштабе, по охране окружающей среды.

В настоящее время в области очистки сточных вод разработаны соответствующие нормы и правила выпуска вод в водоемы, принимаются новые методы по очистке стоков, отвечающие все более возрастающим требованиям к охране водоемов от загрязнений [5].

Для очистных сооружений особое значение имеет состав и концентрация сточных вод гальванического производства.

Промывными водами называют сбрасываемую из промывных ванн воду после какой-либо одной технологической ванны.

Сточные воды являются суммарным сбросом промывных вод из ванн промывки после нескольких технологических ванн, объединенных либо по месту расположения (участок, цех), либо по типу содержащихся в них веществ (хромсодержащие, никельсодержащие и т.п. сточные воды).

Так как в процессе хромирования электролиты загрязняются примесями металлов вследствие растворения материала деталей. Ионы меди, никеля, железа, цинка и других металлов выносятся промывными водами в сточные воды. Повышение содержания примесных металлов существенно снижает удельную электропроводимость, тем самым нарушая процесс электрохимического метода очистки (выходит из строя электрооборудование).

Согласно СНиП 04.03-85 процесс очистки сточных вод от шестивалентного хрома и других металлов осуществляется:

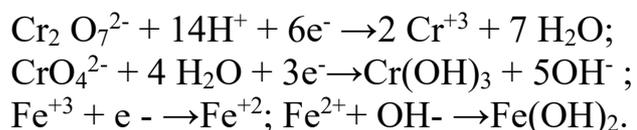
- при содержании только ионов шестивалентного хрома  $\text{Cr}^{+6}$  с концентрацией до 100 мг/л;
- при общем содержании ионов цветных металлов до 100 мг/л, с концентрацией каждого из них до 30 мг/л;
- минимальном общем солесодержании сточной воды 300 мг/л и концентрации взвешенных веществ до 50 мг/л.

Как показывает практика, присутствие ионов тяжелых металлов в хромосодержащих стоках позволяет производить процесс качественной очистки от шестивалентного хрома при концентрации последнего до 50 мг/л.

На гальванике в процессе нанесения покрытий после основной технологической ванны устанавливают ванну улавливания, чтобы уловить ценные или токсичные компоненты и снизить тем самым загрязнение ими сточных вод. Ванна улавливания представляет собой в два раза разбавленный основной раствор. Сливать в канализацию или на очистные сооружения такую воду нельзя, это приведет к нарушению технологического процесса и загрязнению водных ресурсов, а также увеличит количество шлама на очистных сооружениях.

Сбросы концентрированных растворов в большом объеме и аварийные сбросы, нарушают нормальное функционирование очистных станций.

Электрохимическая очистка или метод электрокоагуляции основана электролитическом растворении стальных электродов с образованием ионов 2-х валентного железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ), восстанавливающих бихромат и хроматионы.



В результате электрохимической реакции концентрация ионов водорода в сточных водах уменьшается и повышается величина водородного показателя (рН) обработанных стоков.

При этом происходит образование гидроксида железа (II) и гидроксида железа (III), гидроксида хрома (III), а также гидроксидов других тяжелых металлов, ионы которых могут присутствовать в сточных водах, т.е. достигается восстановление ионов шестивалентного хрома  $\text{Cr}^{+6}$  до трехвалентного  $\text{Cr}^{+3}$  и осаждение  $\text{Cr}^{+3}$  в виде  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

Для обработки хромосодержащих стоков оптимальными условиями являются следующие исходные значения:

- концентрация  $\text{Cr}^{+6}$  до 50 мг/л;
- величина рН в интервале 3-6.

При концентрации  $\text{Cr}^{+6}$  до 100 мг/л, при концентрации  $\text{Cr}^{+6}$  более 100 мг/л необходима более низкая величина рН.

При исходной величине рН меньше трех возрастает скорость электрохимических процессов восстановления  $\text{Cr}^{+6}$ .

При исходной величине рН больше шести возрастает удельный расход электричества на обработку единицы объема сточных вод вследствие снижения их электропроводности и большей величины перенапряжения на катоде при выделении водорода.

Плотность тока на электродах коагулятора следует поддерживать в пределах 1,8-2,2 А/см<sup>2</sup>. Именно при этой плотности тока результаты очистки удовлетворительны.

В процессе электрокоагуляции имеет место явление пассивации, связанное с образованием на поверхности анодов пленки гидроокисей, тормозящей процесс электрорастворения металла, а иногда и полностью его прекращает.

Для предотвращения пассивации необходима смена полярности электродов, т.е. реверсирование тока на выпрямителе, с помощью переключающего устройства (рубильника) через 30-60 минут работы электрокоагуляторов (ЭКГ).

Удаление пассивной пленки достигается проработкой электродовдепассивирующим раствором серной кислоты. Электрохимическая очистка от хрома целесообразна при исходном солесодержании сточных вод больше или равном 0,3 мг/л. Если оно меньше, то к ним следует добавлять электролит (предпочтительно поваренную соль), что повышает электропроводность сточных вод, тем самым снижая затраты электроэнергии на их обработку и оказывает депассивирующее действие на поверхность электродов.

В результате электрохимической обработки хромосодержащих стоков их величина рН, как правило, повышается. Причем тем больше, чем выше исходная концентрация  $Cr^{+6}$  в обрабатываемых стоках. Конечная величина рН обработанной воды может отличаться от исходной на 1-4 единицы. Схема электрокоагулятора представлена на рисунке 1 [3].

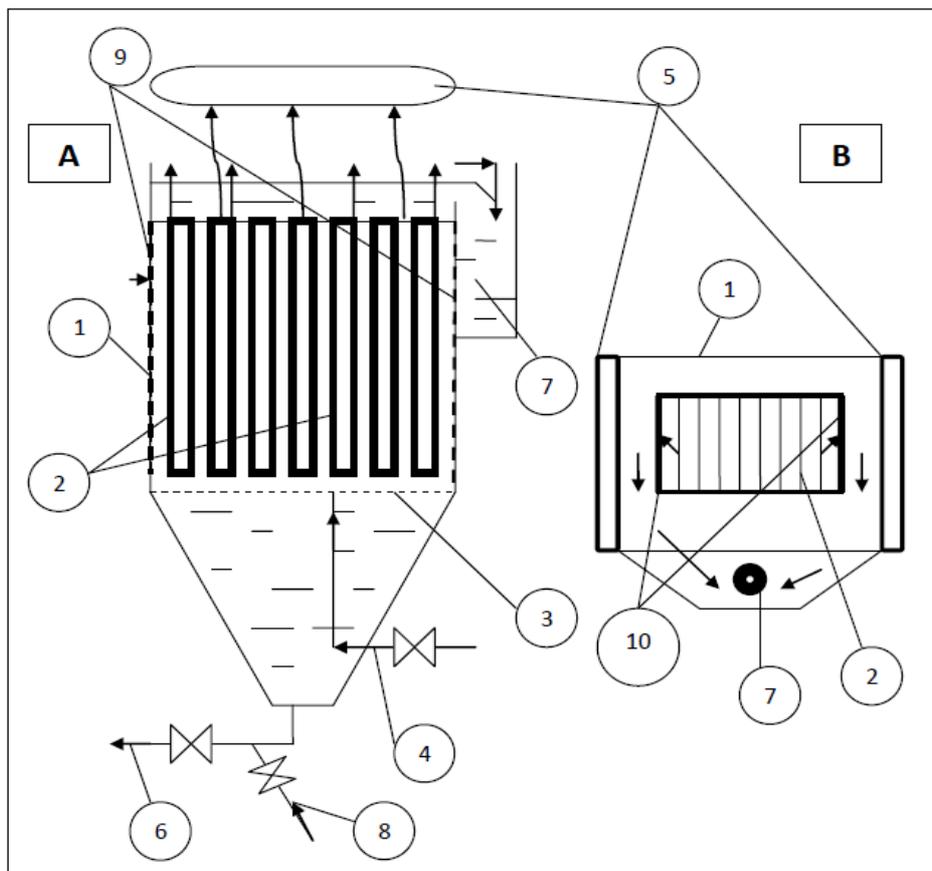


Рис. 1. Схема электрокоагулятора: А – разрез, В – вид сверху; 1 – корпус; 2 – электроды; 3 – распределительная решетка; 4 – подача стоков; 5 – отведение газов; 6 – отведение осадков; 7 – отведение очищенных стоков; 8 – подача воздуха; 9 – футировка; 10 – резинки

Для полного осаждения образовавшихся гидроокисей желателно, чтобы конечный показатель рН обработанных стоков был равен восьми, что требует добавления щелочных реагентов (едкая щелочь, известковое молоко) к обработанным стокам или смешивание их со щелочными сточными водами.

Гидроксид  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  обладает амфотерными свойствами и при  $\text{pH} \geq 12$  растворяется в избытке едкой щелочи с образованием хромитов, т.е. ионы хрома опять перейдут в раствор.

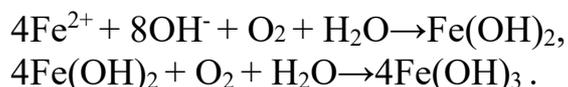


Поэтому следует избегать избыточного дозирования едкой щелочи при нейтрализации кислых хромосодержащих сточных вод.

Для ускорения процесса осветления сточных вод используют синтетический флокулянт полиакриламид (ПАА).

Добавление 0,1 % его раствора увеличивает скорость выпадения осадков гидроксидов металлов в 3 раза.

Иногда вследствие перевода в раствор с поверхности стальных анодов избытка ионов  $\text{Fe}^{2+}$  по сравнению с необходимым количеством для восстановления  $\text{Cr}^{+6}$  наблюдается более высокая концентрация ионов железа в обработанной воде. В этом случае целесообразна продувка обработанных сточных вод воздухом перед поступлением в отстойник в камере аэрирования. При этом достигается окисление содержащихся в воде  $\text{Fe}^{2+}$  – ионов и гидроксида железа (II) с образованием труднорастворимого гидроксида железа (III), т.е. общее содержание в воде растворенного железа снижается:



Для достижения максимального эффекта очистки сточных вод допускается двукратная циркуляция воды через ЭКГ.

Хромосодержащие стоки обрабатываются электрохимическим способом на электрокоагуляторах типа АПГ-81.

Электродные пластины изготавливаются из малоуглеродистой стали марки Ст20, Ст10, Ст3 и устанавливаются внутрь корпуса изолированными друг от друга.

Подача обрабатываемых сточных вод в электрокоагулятор осуществляется снизу вверх через патрубок в днище аппарата. Напряжение к блоку электродов подается посредством токоведущих шин от сети 380 В через выпрямительный агрегат типа ТВР 3150-24.

Для приёма промышленных стоков на станциях имеются 7 приемных емкостей (5 ёмкостей по 80 м<sup>3</sup>; ёмкости по 500 м<sup>3</sup>) цилиндрической формы с теплоизолированной наружной поверхностью и химзащитным слоем на внутренней поверхности [3].

Хромосодержащие стоки по трубопроводу, проложенному в тоннеле, поступают в приемные емкости, а кисло – щелочные в приемные емкости, находящиеся в подвале станции. Из гальванического цеха хромосодержащие стоки поступают по трубопроводу в приемную емкость, которая соединена с емкостями – усреднителями, откуда насосами подаются на электрокоагуляторы.

Хромосодержащие стоки из емкостей насосами так же подаются в ёмкости – усреднители (2 емкости по 80 м<sup>3</sup>), откуда насосами подаются на электрокоагуляторы.

Обработанные на ЭКГ стоки поступают в емкость, в которой смешиваются с поступающими сюда из приемных емкостей кисло-щелочными стоками. Смешанные стоки подаются на станцию для окончательной очистки.

Смешанные стоки со станций по трубопроводу на эстакаде поступают в приемные 500 м<sup>3</sup> резервуары.

Усредненные стоки самотеком поступают в вихревые смесители, в которые дозируется синтетический флокулянт полиакриламид (ПАА).

Затем стоки, смешанные с полиакриламидом поступают в отстойники, где происходит отделение шлама, и осветленные стоки через перелив поступают на окончательный этап очистки в скорые фильтры.

После чего очищенные от химико-механических примесей стоки поступают в накопительные резервуары 250 м<sup>3</sup> и 500 м<sup>3</sup>, соединенных между собой коллектором. Из накопителей через перелив стоки сбрасываются в ливневую канализацию.

В отстойниках происходит накопление шлама, который периодически сбрасывается в шламоуплотнитель, где шлам еще отстаивается. Осветленная вода возвращается в отстойник, а уплотненный гальванический шлам вывозится машиной назолоотвал ТЭЦ.

За процессом очистки и нейтрализации ведется химико – технологический контроль. Забор проб производится до и после очистки стоков. Аппаратчиками нейтрализации проводится визуальный химический анализ на содержание шестивалентного хрома, тяжелых металлов (железо, никель, цинк) и величину водородного показателя рН [4].

Также проводится химический анализ проб нейтрализованных электролитов и воды из промывочных ванн с гальванических участков завода на содержание шестивалентного хрома, ионов тяжелых металлов и величину рН.

Предложенные в данной статьи методы помогут решить проблему загрязнения окружающей среды отходами гальванического производства, что сделает гораздо стабильнее экологическую обстановку окружающей среды.

### **Список литературы**

1. Василенко Л.В. Методы очистки промышленных сточных вод: учеб. Пособие / Л.В. Василенко, А.Ф. Никифоров, Т.В. Лобухин. – М.: Стройиздат, 1998. – 46 с.

2. Экология: общая, социальная, прикладная: учеб. для вузов / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 2006. – 424 с.

3. Яковлев С.В. Водоотведение системы промышленных предприятий / В.Д. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1990. – 112 с.

4. Гвоздев В.Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В.Д. Гвоздев, Б.С. Ксенофонтов. – М.: Химия, 1988. – 112 с.

5. Бродских А.К. Общая экология / А.К. Бродских. – М.: изд. центр «Академия», 2006. – 256 с.

6. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРУДОВ ИСТОРИЧЕСКИХ УСАДЕБ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.Н. Савинова, В.А. Векшина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В данной работе проведена оценка современного состояния Дворяниновских прудов. Засвидетельствовано критическое состояние Дворяниновских прудов, проведен анализ проб воды на предмет содержания основных компонентов, определяющих их качественные характеристики. Изучена разработанная А.Т. Болотовым система мероприятий по поддержанию экологической ситуации, предложены современные рекомендации по возобновлению практики благоустройства прудов.

В деревне Дворяниново, расположенной в 75 километрах к северу от Тулы, гибнут пруды. Затянутые тиной, проросшие сорной травой и диким кустарником, мутные от ила – ситуация вполне типичная для российской провинции. Но эти пруды особенные. Они принадлежат старинной дворянской усадьбе, которая переживала свой расцвет в 18-19 века, сами же пруды много старше. В 1800 г. владелец усадьбы написал стихи, в которых он обратился к одному из своих прудов с такими словами: «... стар и древен ты и ... существуешь здесь целы сотни лет». Автор этих строк и хозяин прудов – Андрей Тимофеевич Болотов (1738-1833). Человек поистине энциклопедических знаний (агроном, биолог, экономист, литератор, журналист), он известен также как теоретик и практик русского садово-паркового искусства. Гибнущие в Дворяниново пруды – часть едва ли не первого в России пейзажного сада, который создавался им одновременно со знаменитым богородицким парком. Это обстоятельство усугубляет общую ситуацию: помутневшее зеркало дворяниновских прудов отражает не только современные экологические проблемы, но в еще большей степени проблемы охраны и возрождения историко-культурного наследия, и эти проблемы взаимосвязаны.

В данной работе система прудов рассматривается как предмет особой заботы А.Т. Болотова, чей интерес к ней был весьма разносторонним. Острота ситуации при отсутствии специальных научных изысканий в этой области делает

предпринятое исследование чрезвычайно актуальным. Осознать пруд не просто как элемент деревенского ландшафта, но как культурный феномен в единстве его функции, конструкции и романтического художественного образа, найти решение экологической проблемы в самом историко-культурном материале – такова цель данного исследования.

Результаты исследований переданы музею-усадьбе «Дворяниново», музею, который принимает более восемнадцати тысяч посетителей ежегодно, несмотря на транспортную удаленность и трудностей поиска самого музея.

В рамках экологической экспедиции было проведено натурное обследование прудов с фотофиксацией их современного состояния. Натурные наблюдения приводят к неутешительному выводу, что за два столетия существования Болотовские пруды превратились в практически мертвые безрыбные водоемы. Что же привело к ухудшению экологической ситуации? Что нарушило естественные природные процессы самоочищения этих водоемов?

Для ответа на эти вопросы и поиска путей улучшения ситуации были предприняты исследования проб воды и ила и определено содержание основных компонентов, влияющих на качественные характеристики интересующих объектов.

В рамках исследований были рассмотрены теоретические основы гравиметрического, титриметрического, потенциометрического, фотометрического, атомно-абсорбционного и рентгено-флуоресцентного методов анализа, проанализированы различные методики определения основных компонентов, определяющих качество питьевой воды.

Результаты проведенных анализов проб воды сведены в таблицы (1-4).

Таблица 1  
Результаты анализа проб воды. Пруд «Сажелка»

Определяемые показатели	Результат анализа	ПДК ГОСТ Р512232-98 СанПиН 2.1.4.559-96
Показатель pH	7,3	
Прозрачность	40	не менее 20
Сухой остаток	1104 мг/дм <sup>3</sup>	1000 мг/дм <sup>3</sup>
Сульфаты	530 мг/дм <sup>3</sup>	500 мг/дм <sup>3</sup>
Хлориды	325 мг/дм <sup>3</sup>	350 мг/дм <sup>3</sup>
Нитраты	10 мг/дм <sup>3</sup>	45 мг/дм <sup>3</sup>
Нитриты	0,04 мг/дм <sup>3</sup>	3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Азот аммонийный	отсутствует	
Фосфаты	отсутствует	
Жесткость общая	9,5 мг-экв/дм <sup>3</sup>	7,0 мг-экв/дм <sup>3</sup>
Железо	0,11 мг/дм <sup>3</sup>	0,3 мг/дм <sup>3</sup>
Марганец	0,074 мг/дм <sup>3</sup>	0,1 мг/дм <sup>3</sup>
Медь	отсутствует	1,0 мг/дм <sup>3</sup>
Цинк	отсутствует	5,0 мг/дм <sup>3</sup>
Свинец	отсутствует	0,03 мг/дм <sup>3</sup>
Кадмий	отсутствует	
Хром	отсутствует	

Продолжение таблицы		
Ртуть	отсутствует	
БПК <sub>5</sub>	1,8 мг/дм <sup>3</sup>	
Щелочность	3,8 мг-экв/дм <sup>3</sup>	

Таблица 2

Результаты анализа проб воды. Пруд «Нижний Осиповский»

Определяемые показатели	Результат анализа	ПДК ГОСТ 512232-98 СанПиН 2.1.4.559-96
Показатель рН	7,8	
Прозрачность	45	не менее 20
Сухой остаток	1404 мг/дм <sup>3</sup>	1000 мг/дм <sup>3</sup>
Сульфаты	725 мг/дм <sup>3</sup>	500 мг/дм <sup>3</sup>
Хлориды	430 мг/дм <sup>3</sup>	350 мг/дм <sup>3</sup>
Нитраты	17 мг/дм <sup>3</sup>	45 мг/дм <sup>3</sup>
Нитриты	отсутствует	3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Азот аммонийный	отсутствует	
Фосфаты	отсутствует	
Жесткость общая	11 мг-экв/дм <sup>3</sup>	7,0 мг-экв/дм <sup>3</sup>
Железо	0,13 мг/дм <sup>3</sup>	0,3 мг/дм <sup>3</sup>
Марганец	отсутствует	0,1 мг/дм <sup>3</sup>
Медь	отсутствует	1,0 мг/дм <sup>3</sup>
Цинк	отсутствует	5,0 мг/дм <sup>3</sup>
Свинец	отсутствует	0,03 мг/дм <sup>3</sup>
Кадмий	отсутствует	
Хром	отсутствует	
Ртуть	отсутствует	
БПК <sub>5</sub>	2,8 мг/дм <sup>3</sup>	
Щелочность	4,2 мг-экв/дм <sup>3</sup>	

Таблица 3

Результаты анализа проб воды. Пруд «Верхний Архаровский»

Определяемые показатели	Результат анализа	ПДК ГОСТ Р512232-98 СанПиН 2.1.4.559-96
Показатель рН	7,25	
Прозрачность	25	не менее 20
Сухой остаток	1358 мг/дм <sup>3</sup>	1000 мг/дм <sup>3</sup>
Сульфаты	780 мг/дм <sup>3</sup>	500 мг/дм <sup>3</sup>
Хлориды	420 мг/дм <sup>3</sup>	350 мг/дм <sup>3</sup>
Нитраты	24 мг/дм <sup>3</sup>	45 мг/дм <sup>3</sup>
Нитриты	отсутствует	3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Азот аммонийный	отсутствует	
Фосфаты	отсутствует	
Жесткость общая	10,5 мг-экв/дм <sup>3</sup>	7,0 мг-экв/дм <sup>3</sup>
Висмут	отсутствует	

Продолжение таблицы		
Свинец	отсутствует	0,03 мг/дм <sup>3</sup>
Цинк	отсутствует	5,0 мг/дм <sup>3</sup>
Медь	отсутствует	1,0 мг/дм <sup>3</sup>
Никель	отсутствует	
Кобальт	отсутствует	
Железо	0,215 мг/дм <sup>3</sup>	0,3 мг/дм <sup>3</sup>
Марганец	0,23 мг/дм <sup>3</sup>	0,1 мг/дм <sup>3</sup>
Хром	отсутствует	
Ртуть	отсутствует	
Ванадий	отсутствует	
Щелочность	5,0 мг-экв/дм <sup>3</sup>	

Таблица 4

Результаты анализа проб воды. Пруд «Нижний Архаровский»

Определяемые показатели	Результат анализа	ПДК ГОСТ Р512232-98 СанПиН 2.1.4.559-96
Показатель рН	7,4	
Прозрачность	25	не менее 20
Сухой остаток	1493 мг/дм <sup>3</sup>	1000 мг/дм <sup>3</sup>
Сульфаты	806 мг/дм <sup>3</sup>	500 мг/дм <sup>3</sup>
Хлориды	415 мг/дм <sup>3</sup>	350 мг/дм <sup>3</sup>
Нитраты	22 мг/дм <sup>3</sup>	45 мг/дм <sup>3</sup>
Нитриты	отсутствует	3,0 мг/дм <sup>3</sup>
Азот аммонийный	отсутствует	
Фосфаты	отсутствует	
Жесткость общая	13 мг-экв/дм <sup>3</sup>	7,0 мг-экв/дм <sup>3</sup>
Висмут	отсутствует	
Свинец	отсутствует	0,03 мг/дм <sup>3</sup>
Цинк	отсутствует	5,0 мг/дм <sup>3</sup>
Медь	отсутствует	1,0 мг/дм <sup>3</sup>
Никель	отсутствует	
Кобальт	отсутствует	
Железо	0,12 мг/дм <sup>3</sup>	0,3 мг/дм <sup>3</sup>
Марганец	1,843 мг/дм <sup>3</sup>	0,1 мг/дм <sup>3</sup>
Хром	отсутствует	
Ртуть	отсутствует	
Ванадий	отсутствует	
Щелочность	4,8 мг-экв/дм <sup>3</sup>	

Данные по воде, на удивление, достаточно благополучны. В ряде проб (табл. 1-4) отмечаются превышения по общей жесткости, сухому остатку, БПК, по содержанию общего железа, ионов кальция и магния, сульфатов и хлоридов, но эти превышения не сильно отклоняются от нормативных значений, и вообще характерны для всего Верхне-Волжского бассейна Тульской области.

Значительное превышение ПДК (до нескольких раз) фиксируется только в случае марганца. Однако марганец является кофактором многих ферментов, и

принимает участие в жизненно важных процессах организмов. Марганцевая токсичность выражена в меньшей степени, чем токсичность иных тяжелых металлов, что объясняется меньшей склонностью иона к образованию органоминеральных соединений и меньшей их прочностью. В литературе упоминается высокая толерантность к марганцу в растительных объектах.

Результаты анализов позволяют рассматривать причиной ухудшения экологической ситуации нерадивое отношение к прудам современных хозяев – в течение ряда десятилетий водоемы не подвергались очистке. Хотя во времена Болотова имела место обязательная практика, раз в два года, чистки прудов.

В бытность Болотова хозяином усадьбы пруды были связаны в единую водную систему, некоторые из них были вновь созданы, другие приобрели свой законченный вид. Болотовым же был разработан целый комплекс мероприятий по поддержанию экологической ситуации и продуктивности прудов.

При устройстве прудов Андрей Тимофеевич принимал во внимание, как внешние обстоятельства, так и биологические особенности. Он учитывал характер водоснабжения пруда, возможность создания хорошего дна. Ученый также обращал внимание на укрепление берегов, получение необходимой глубины водоема, устройство удобного водоспуска. Благоприятное экологическое действие оказывало зарыбление прудов.

Современные работы по экологической реабилитации дворяниновских прудов должны содержать комплекс технических и биологических мероприятий по восстановлению качества воды в водоемах и формированию их экосистем; базироваться на выполненных в представленной работе исследованиях характеристик воды; включать этапы технической и биологической реабилитации.

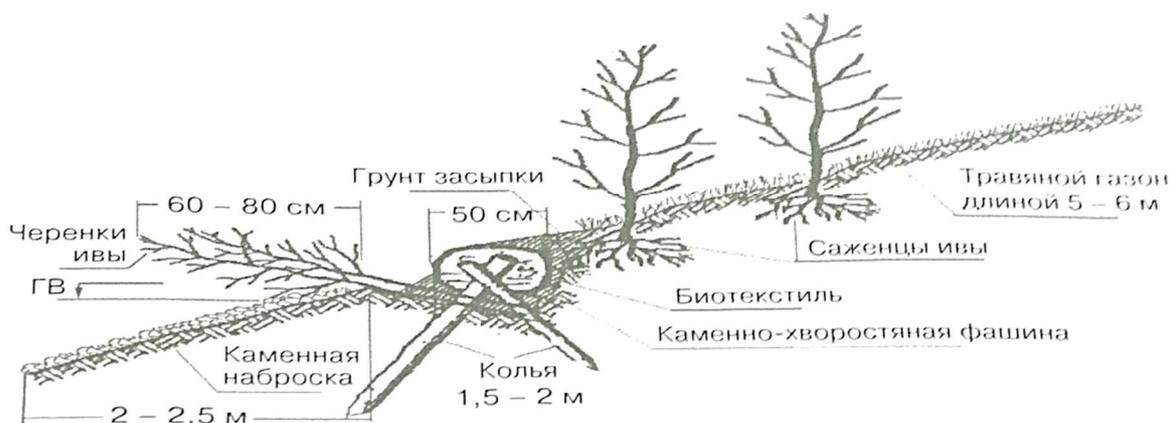
В ходе технической реабилитации представляется обязательной выемка иловых отложений, проведение ремонта гидротехнических сооружений, укрепление берега. Биоинженерный метод укрепления береговых откосов учитывает способность природных ландшафтов к восстановлению, включает залужение (задернение) откоса и одновременно посадку влаголюбивых зеленых насаждений, а в приурезовой зоне – околородных растений. Предложенный биоинженерный метод укрепления берега решит такие задачи, как: стабилизация приурезовой зоны водоема; создание прибрежной защитной полосы; сохранение естественного гидрогеологического режима в системе «водоем-берег»; противоэрозионная защита подводного склона водоема; снижение антропогенной нагрузки на прибрежную зону рекреационного водоема; использование принципов ландшафтного дизайна для усиления экологической составляющей.

Этот метод, например, был использован для укрепления берега Терлецких и Крылатских прудов в Москве.

В случае последних крепление берега было выполнено с использованием следующих биоинженерных основных элементов: цилиндрических фашин (наполнитель – камень, щебенка, прутья ивы, оболочка из мешковины или соломенных матов), служащих для стабилизации приурезовой зоны водоема;

ивовых кустарников и деревьев, закрепляющих берег водоема; озеленения в виде газона в полосе шириной 5 м от уреза воды, формирующего зеленую подстилку в качестве противоэрозионной защиты и задержки загрязнений, попадающих в водоем с ливневыми стоками

Этап биологической реабилитации водоемов является самым значимым – от него в итоге зависит качество воды. Для восстановления качества воды необходима интенсивная очистка воды и донных отложений от гниющей органики и биогенных элементов, восстановление кислородного режима и механизмов биологического самоочищения водоема. Желаемый результат достигают, применяя «биоинженерные технологии» (БИТ) или «биоремедиацию» (рисунок).



Биоинженерная конструкция укрепления берега водоема

Данная технология представляет собой биоинженерный способ улучшения качества воды путем формирования природной экосистемы водоема с помощью заселяемых в него гидробионтов. В процессе биоремедиации происходит очищение водной толщи путём окисления органики и фильтрации воды организмами-гидробионтами.

Заселяемые гидробионты-фильтраторы подразделяются на несколько основных групп: беспозвоночные: планктонные и бентосные микроорганизмы, моллюски; высшие водные растения; ихтиофауна. При этом главная роль в механизме очистки воды принадлежит планктонным и бентосным микроорганизмам (60-70 % биодеструкции органических загрязнений). Деятельность микроорганизмов заключается в том, что они для своей жизнедеятельности используют готовые органические вещества в качестве источника углерода и энергии. Эти микроорганизмы активно поглощают органические вещества, а также соединения азота и фосфора.

Заселение водного объекта гидробионтами – весьма ответственное мероприятие, требующее проведения комплексного исследования объекта. Поэтому использование данной технологии предполагает проведение работ в несколько этапов. На первом этапе проводят гидрологические, химические, токсикологические и гидробиологические исследования водного объекта. После нормализации этих параметров можно переходить ко второму этапу подготовки – заселению пруда водными растениями, планктонными и бентосными

организмами. И, наконец, на последнем этапе после адаптации заселенных гидробионтов, проводится зарыбление водоема. Зарыбление водоема производится с учетом видового состава рыб, т.е. должны быть представлены рыбы разных трофических уровней, способные использовать разные кормовые объекты: растительноядные, плотоядные и хищные. Известно, что толстолобик является природным мелиоратором, способствующим очищению водоемов от водорослей, приводящих к цветению и биологическому загрязнению воды. А белый амур, диета которого включает высшую водную растительность, препятствует зарастанию водоемов камышом, рогозом и другими водными растениями.

### **Выводы**

В ходе исследований:

- было засвидетельствовано критическое состояние Дворяниновских прудов;
- проведен анализ проб воды на предмет содержания основных компонентов, определяющих их качественные характеристики, при этом значимых отклонений от нормативных показателей не было выявлено;
- установлено, что основной причиной ухудшения экологической ситуации является отход от экологических принципов, положенных в основу при их создании;
- изучена разработанная А.Т. Болотовым система мероприятий по поддержанию экологической ситуации;
- предложены современные рекомендации по возобновлению практики благоустройства прудов, чистки дна водоемов и зарыблению.

### **Список литературы**

1. Болотов А.Т. Жизнь и приключения Андрея Болотова, описанные самим им для своих потомков / А.Т. Болотов // Приложение к журн. «Русская старина», Т.1-4, Санкт-Петербург, 1871-1873.
2. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
3. Корте Ф. Экологическая химия / Ф. Корте, М. Бахадир, В. Клайн [и др.]. – М.: Мир, 1996. – 396с.

## **ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МАРГАНЦА НА ФОСФАТАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК**

Л.Н. Савинова, В.А. Векшина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

***Аннотация.** Рассмотрено влияние известкования и органических добавок на фосфатазную активность почвы в присутствии соединений марганца. Исследования проводили исходя из одинарной и двойной гидролитической*

*кислотности при содержании в почве 10ПДК  $MnSO_4$  и 20ПДК  $MnSO_4$ , а также не контрольном образце почвы.*

Марганцевая токсичность часто имеет место там, где общий уровень марганца выше среднего, рН почвы довольно низкий и кислородная доступность для почвы тоже низка (т.е. имеются восстановительные условия). Чтобы устранить действие перечисленных условий, рН почвы следует увеличить с помощью известкования, улучшить почвенный дренаж, уменьшить поступление воды, т.е. в целом улучшить структуру данной почвы. Важнейший из эффектов для марганца – это способность вызывать недостаточность по железу или кальцию. Добавление в почву железа может облегчать симптомы марганцевого отравления.

Для коррекции содержания марганца в почве, снижения токсичности тяжелого металла в почвах рекомендуют проводить известкование.

Защитное действие извести на почвах, имеющих высокий уровень содержания токсичных элементов, проявляется в виде позитивных изменений в почвенной системе на разных уровнях – химическом, физическом и биологическом. Так, известковые материалы образуют с катионами тяжелых металлов труднорастворимые соли. При нейтрализации почвенной среды увеличивается катионообменная емкость почвы, возрастает прочность металлоорганических комплексов, усиливаются некоторые физико-химические и химические процессы, способствующие сорбции металлов и, следовательно, увеличивается специфическое и неспецифическое поглощение тяжелых металлов. Близкая к нейтральной реакция среды стимулирует активность почвенной микрофлоры, способной включать катионы тяжелых металлов в состав своей биомассы, происходит долговременное закрепление токсичных элементов. Поступающий в почву в результате известкования кальций улучшает физические свойства почв: способствуя коагуляции почвенных коллоидов, он укрепляет структуру почвы, улучшает водопроницаемость и водоудерживающую способность. Кальций и другие катионы, содержащиеся в известковых материалах, являются антагонистами катионов тяжелых металлов при поступлении в растение.

Проведем расчет дозы извести для исследуемой почвы по гидролитической кислотности. Яснополянская почва представляет собой серую лесную пылевато-суглинистую на тяжелом суглинке; структура почвы комковатая, водопропрочная, цвет и воздушно-сухом состоянии светло-коричневый. Влажность  $\omega = 19\%$ . Обменная кислотность, рН = 5,6. Гидролитическая кислотность – 4,0 мэкв/100 г почвы. Гумус,  $\omega = 3,7\%$ . Согласно [1], доза известкового материала  $CaCO_3$  должна в 1,5 раза превышать значение гидролитической кислотности, т.е. равняться 6 т/га. Вес 1 га пахотного слоя (20 см) составляет около 3.000.000 кг, в которые необходимо внести 6.000 кг карбоната кальция, что соответствует 2 г минеральной добавки  $CaCO_3$  на 1 кг исследуемой почвы. В этих условиях почва является нейтральной. При закладке опыта возьмем также удвоенную гидролитическую кислотность, чтобы создать слабо щелочную среду. Итак,

агрохимически обоснованной дозой извести примем 6 т/га, что соответствует 2 г CaCO<sub>3</sub> на 1 кг почвы; повышенным нормам извести в 2 раза превышающим нормы, рассчитанные по полной гидролитической кислотности (12 т/га) соответствует добавка 4 г CaCO<sub>3</sub> на 1 кг почвы.

В эксперименте карбонат кальция тщательно измельчали в ступке, брали навески 2 и 4 грамма, и в твердом виде вносили в исследуемую почву (1 кг). Тщательно перемешивали. Затем уже в растворимой форме вводили заданные концентрации солей марганца и определяли фосфатазную активность почвы фотометрическим методом Дениже [2,3].

В таблице 1 показано, в отношении марганца известкование является весьма действенным приемом. Однако для полной детоксикации металла необходимо внесение сверхвысоких доз известкового материала, что не всегда экономически оправдано и, кроме того, у некоторых культур может вызвать отрицательную реакцию.

В случаях, когда известкование оказывается недостаточно эффективным, следует прибегать к другим приемам.

Внесение органических удобрений способствует улучшению почвенного плодородия – повышается биологическая активность, увеличивается запас питательных элементов, емкость катионного обмена, улучшаются водно-физические свойства почв. Все это способствует также повышению их устойчивости к антропогенному воздействию. Кроме того, компоненты органических удобрений образуют с ионами тяжелых металлов органоминеральные соединения различной природы, в том числе и обладающие малой подвижностью.

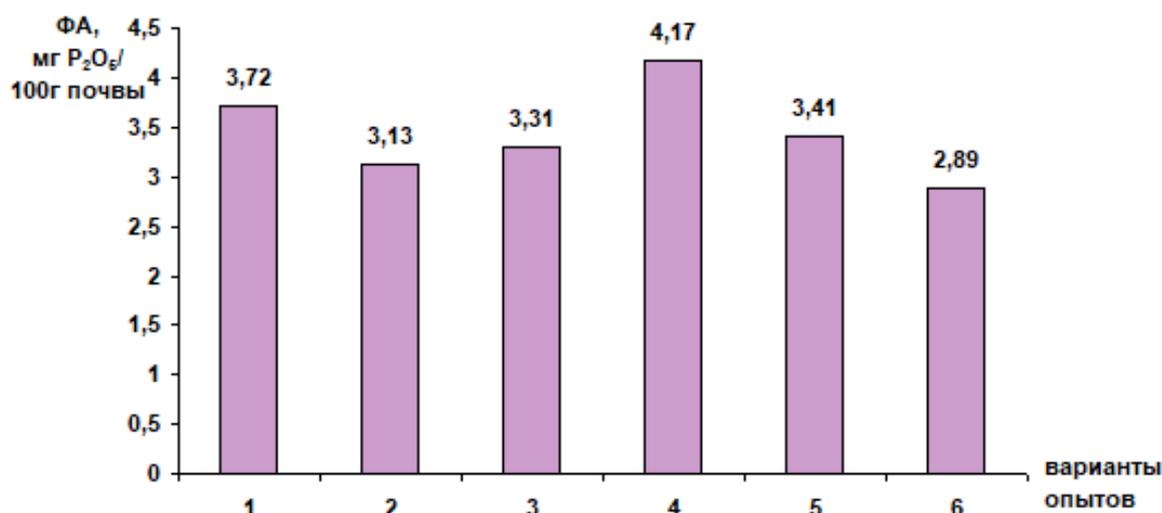
Таблица 1

Фосфатазная активность почвы в присутствии соединений марганца, минеральных и органических добавок.

№ п/п	Вариант опыта	Фосфатазная активность мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100 г почвы
1	Почва – контроль, средняя проба почвы парка Яснополянской школы - лаборатории.	3,72
2	Почва + MnSO <sub>4</sub> (10 ПДК)	3,13
3	Почва + MnSO <sub>4</sub> (10 ПДК) + CaCO <sub>3</sub> (2 Н <sub>гидр.</sub> )	3,31
4	Почва + MnSO <sub>4</sub> (10 ПДК) + CaCO <sub>3</sub> (4 Н <sub>гидр.</sub> )	4,17
5	Почва + MnSO <sub>4</sub> (10 ПДК) + гумат калия	3,41
6	Почва + MnSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O (20 ПДК)	2,89

Эффект от применения различных видов органических удобрений неоднозначен. На подвижность тяжелых металлов влияет степень разложенности органических удобрений. Применение оптимальных доз органических удобрений улучшает гумусное состояние почвы, а гумус играет важную роль в связывании токсичных металлов, можно однозначно рекомендовать этот прием.

В эксперименте в качестве органических удобрений использовали гумат калия, который в рекомендуемом производителями объеме 5 мл вносили в исследуемую почву (1 кг). Затем в почвенные образцы вводили заданные концентрации солей марганца и определяли фосфатазную активность почвы методом Дениже [2,3]. Полученные в эксперименте данные по влиянию соединений марганца на фосфатазную активность почвы при внесении минеральных и органических добавок сведены в таблицу 1 и отражены на диаграмме 1.



Вариант опыта:

- 1 - Почва – контроль (П-К), средняя проба почвы парка Яснополянской школы - лаборатории
- 2 - (П - К) + MnSO<sub>4</sub> (10 ПДК);
- 3 - (П - К) + MnSO<sub>4</sub> (10 ПДК) + CaCO<sub>3</sub> (2 Н<sub>гидр.</sub>);
- 4 - (П - К) + MnSO<sub>4</sub> (10 ПДК) + CaCO<sub>3</sub> (4 Н<sub>гидр.</sub>);
- 5 - (П - К) + MnSO<sub>4</sub> (10 ПДК) + гумат калия;
- 6 - (П - К) + MnSO<sub>4</sub> (20 ПДК)

Диаграмма изменения фосфатазной активности в зависимости от условий

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наиболее эффективным приемом в случае марганца остается известкование, что позволяет восстановить и даже улучшить показатели по сравнению с контрольной активностью. Внесение органических добавок (гумат калия) также имеет положительный эффект в восстановлении ферментативной функции почвы.

### Список литературы

1. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии / А.В. Петербургский. – М.: Колос, 1968.
2. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
3. Фосфор и неорганические соединения фосфора: методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1981.

# РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

А.В. Гаврилина, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В настоящее время наблюдается рост промышленности. Поэтому особо актуальной является проблема создания безопасных и комфортных условий труда на производстве путем разработки и внедрения систем контроля и мониторинга.

Тульская область – одна из самых высокоразвитых в промышленном и сельскохозяйственном отношении среди регионов России; на ее территории размещено около 12 процентов основных фондов Центрального экономического района нашей страны. В течение десятилетий в регионе ускоренными темпами развивались мощные хозяйственные комплексы: военно-промышленный, металлургический, машиностроительный, химический, горнодобывающий, топливно-энергетический.

В соответствии с ТК РФ каждый цех и участок производства промышленного предприятия должен быть безопасным. На сегодняшний день, существующие системы регулирования производственных процессов являются многостадийными и достаточно сложными в исполнении, что еще больше увеличивает риск возникновения аварийных ситуаций, таких как переливы электролитов через края гальванических ванн, энергетический сбой источников энергоснабжения, авария в производственном помещении, отказ единицы оборудования, поломка оборудования местной вентиляции, испарения токсичных паров веществ из-за неисправности местных отсосов и другие.

Последствия этих чрезвычайных и опасных ситуаций могут оказать серьезное влияние на здоровье обслуживающего персонала в виде развития таких опасных заболеваний как мочекаменная болезнь, нефропатия, энцефалопатия, болезни Альцгеймера и Паркинсонизма [4]. Поэтому введение усовершенствованных систем автоматизации, регулирования, контроля и мониторинга является достаточно перспективным и актуальным для создания комфортных и безопасных условий труда.

Промышленная безопасность технологических процессов и производств, охрана труда сотрудников достигаются за счет проведения ряда мероприятий, в том числе создания мониторинговых систем контроля и управления параметров микроклимата, а также модернизации производственных технологий.

На работника в производственной среде воздействует множество опасных и вредных факторов: температура, влажность воздуха, атмосферное давление, пылевыведение, концентрации токсичных газов и вредных веществ, шум, низкая освещенность, электрический ток и уровень вибрации. Условия труда влияют на

продолжительность жизни, трудоспособность человека, а также непосредственно на результат труда.

В настоящее время приоритетным направлением в области обеспечения промышленной безопасности и охраны труда является создание и поддержание безопасных условий труда, предотвращение возникновения негативного влияния опасных и вредных производственных факторов [3].

Создание безопасных условий труда на производственном участке очистки сточных вод за счет разработки универсальной автоматизированной системы мониторинга, регулирования и контроля, а также предотвращение вероятности появления и развития чрезвычайных аварийных ситуаций.

В результате проведенных исследований, разработан комплекс мер, обеспечивающих экологическую безопасность участка очистки сточных вод. Предложены две запатентованные разработки:

1. система автоматизированного контроля параметров производственной среды (Патент РФ № 2674568, 07.11.2017 г.);

2. безопасная, умная, универсальная, автоматизированная система очистки промышленных стоков (Патент РФ № 2726052, 08.07.2020г.) [1].

Проект внедрения системы контроля и мониторинга позволит сформировать инструмент организации и регулирования технологического процесса очистки сточных вод, который включает:

- установку датчиков контроля выбросов загрязняющих веществ для предотвращения возникновения опасных ситуаций;

- установку метеорологических датчиков, датчиков экологического мониторинга, датчиков измерения показателей производственной среды для предотвращения опасных ситуаций при нарушении технологии очистки стоков;

- введение датчиков измерения опасных и вредных загрязняющих веществ для определения массовой концентрации аэрозольных частиц различного происхождения и химического состава с возможностью контроля превышения предельно-допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны;

- обоснование необходимости введения компьютерных технологий – расчетных программ, обеспечивающих персонализированную оценку условий труда на каждом рабочем месте, учитывающую тяжесть возможных последствий для здоровья работника.

Автоматизация систем управления, осуществляемая с момента приема сточных вод, в период их очистки и сброса, состоит из следующих мероприятий:

1. Измерение количества поступающих сточных вод при помощи специальных измерителей расхода сточных вод.

2. Введение датчиков контроля и мониторинга.

3. Эффективность очистки становится регулируемой величиной и находится под управлением сервера.

4. Управление всеми процессами происходит в реальном времени, с высокой скоростью и полностью автоматически.

Сбор и отображение информации на диспетчерском пункте является важной составной частью функциональной структуры управления [2]. Обладая

необходимой информацией в критических ситуациях, возможно, перераспределить поток сточной воды. Систематический мониторинг выявляет наиболее уязвимые участки технологического устройства очистки сточных вод, требующие текущего или капитального ремонта.

Внедрение предлагаемых автоматизированных систем обеспечит не только создание безопасных условий труда и предотвращение возникновения чрезвычайных ситуаций, а также снизит экономические затраты как за счет оптимизации стоимости оборудования, так и за счет введения систем регулирования и контроля.

### Список литературы

1. Гаврилина А.В. Безопасное гальваническое производство. Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIV международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина / А.В. Гаврилина, Е.М. Рылеева, М.А. Башкирова. – Тула: Инновационные технологии, 2018. – С. 193-197.

2. Азарова В.А. Моделирование процессов очистки бытовых сточных вод. Современные проблемы экологии: доклады XXII междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина / В.А. Азарова, А.В. Гаврилина, Е.М. Рылеева. – Тула: Инновационные технологии, 2019. – С. 81-82.

3. Синельников С.С. Воздействия гальванического участка предприятия радиоэлектронной техники на окружающую среду. Современные проблемы экологии: доклады XXII междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина / С.С. Синельников, Д.В. Собепанек, Е.М. Рылеева. – Тула: Инновационные технологии, 2019. – С. 97-101.

4. Шинкарёва А.О. Основные методы очистки сточных вод гальванического производства. Современные проблемы экологии: доклады XXII междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина / А.О. Шинкарёва, Е.М. Рылеева. – Тула: Инновационные технологии, 2019. – С. 119-127.

### УСТАНОВКА ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ В ЖИЛОЙ ЗОНЕ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

Д.Д. Ельтищева, Л.В. Кашинцева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье рассмотрены виды судебной практики, связанные со случаями неправомерной установки шумозащитных экранов, поднимаются вопросы целесообразности их установки или же, напротив, демонтажа, рассмотрены пути урегулирования конфликтных ситуаций между застройщиками и жителями на основе судебных решений. Ввиду практического отсутствия нормативно-правовой базы, урегулировать некоторые вопросы на

*локальном уровне не представляется возможности, в силу вступает судебная система решений конфликтных ситуаций. Рекомендуется обращать особое внимание на пожелания жителей, проживающих на загрязненной шумом территории, а также проводить мониторинговые исследования в сфере эффективности, полезности и адекватности установки шумозащитных барьеров, как защиты от шумового загрязнения.*

Одним из основных источников внешнего шума на городских территориях являются потоки автотранспортных средств. Любой шум, в том числе транспортный, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека: вызывает изменения в центральной нервной системе, способствует возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, влияет на скорость дыхания и частоту пульса, является причиной гипертонической болезни и нарушения обмена веществ. Шум так же вызывает нарушение желудочно-кишечной функции, изменяя кислотность и приводя к язвам и гастритам, действует на вестибулярный аппарат, вызывая тошноту и нарушение координации движений, вызывает нарушение концентрации внимания, ухудшает восприятие цветовых и звуковых сигналов [1]. При длительном воздействии шума часто возникает чувство усталости и развиваются признаки утомления. Очень сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор и обработку информации и мыслительные процессы, что ведёт к снижению производительности труда и качеству выполняемой работы. Шум обладает кумулятивным (накапливающим) действием. У пожилых и больных людей реакция на шумовое раздражение, как правило, более выраженная [2].

В современных городах, в условиях стесненной городской застройки и высокой плотности улично-дорожной сети, эквивалентные уровни звука на территории жилой застройки, а также в жилых и общественных помещениях часто превышает нормативные значения, что и является часто причиной дискомфорта и ухудшения самочувствия у населения.

Существуют разные способы снижения шума от городского шума. Наиболее эффективными строительно-акустическими средствами являются придорожные шумозащитные экраны, размещаемые между источниками шума и объектами защиты от шума [3].

Исследования шумозащитных барьеров начались еще в 1960-х годах в Западной Европе. Спустя десять лет подобные научно-исследовательские работы начали проводить в СССР, а применять технологию установки шумозащитных конструкций стали уже в конце 90-х годов [4]. Наибольшее распространение получили акустические экраны (далее АК), предназначенные для снижения шума от автодорог и магистралей.

Как показала практика, использование АК выявило ряд недостатков: малая долговечность, связанная с применением дешевых материалов и устаревших технологий, недостаточная звукоизоляция и звукопоглощение, низкая эффективность ввиду ошибок при расчете и монтаже. Наиболее частыми являются проблемы расположения АК, его монтажа, ухудшение внешнего вида

территории, ухудшение внешнего вида самих экранов, что выражается в появлении коррозии металлических стоек и акустических панелей, помутнении прозрачных панелей (в результате воздействия ультрафиолетовых лучей, химически агрессивной среды, загрязнением вследствие несвоевременной очистки и пр.), «сваливании» звукопоглощающего материала в отражающе-поглощающих экранах из-за намокания и воздействия агрессивных сред и, как следствие, снижении эффекта звукопоглощения, разрушении АЭ из-за вандализма и прочих причин.

Но помимо случаев с конструктивными и монтажными недостатками акустических экранов, встречаются случаи недовольства установкой экранов со стороны населения, влекущие судебные разбирательства.

Рассмотрим виды судебной практики, связанные со случаями неправомерной установки шумозащитных экранов, а также пути урегулирования конфликтных ситуаций между застройщиками и жителями на основе судебных решений.

Жители микрорайона Черниковка г. Уфы возмущены установкой около одного из домов огромного шумозащитного экрана – высотой в шесть метров. Сооружение возводят по решению суда, иск подавала местная жительница, в жилой комнате квартиры которой уровни автотранспортного шума превышают нормативные значения [5].

Протест жителей нескольких домов, а также владельцев расположенных местных магазинов, офисов обоснован тем, что установка экрана не была согласована с ними, и люди считают, что он будет ухудшать качество их жизни. В протоколе собрания собственников указано, что не был просчитан коэффициент естественного освещения в квартирах первых-вторых этажей, перекрывается вид из окон. Также подчеркнуто, что более 50 % жителей старше 65 лет. Сейчас из-за пандемии они находятся на самоизоляции, и вид «только глухой стены» из окон будет способствовать «развитию депрессивных состояний». Кроме того, ухудшается естественная вентиляция помещений.

Но, несмотря на протест жителей, жительница выиграла суд в районном суде Уфы, по решению которого был установлен трехметровый шумозащитный экран. Он простоял больше года, ужасно мешал пешеходам и водителям, загораживал обзор. Потом она подала иск в Верховный суд о том, что этот забор установлен не по нормам. В итоге устанавливают шестиметровый, а первый пошел под снос. Нанесен ущерб бюджету почти на 2 млн. руб.

Полный демонтаж шумозащитного экрана, на котором настаивают жители микрорайона, возможен только по решению Верховного суда Башкирии. Дело приостановлено до выяснения всех обстоятельств. Наполовину демонтированный экран остается камнем преткновения для жителей г. Уфы [5].

Второй случай произошел в г. Севастополе [6]. Здесь рассматривался проект строительства транспортной развязки на пересечении проспекта Генерала Острякова и подъезда к Максимовой даче. При рассмотрении дела сложилось впечатление, что проектировщик, работая над проектом, даже не выезжал на место. В плане строительства предусмотрено не только устройство

шумозащитного экрана, который испортит внешний облик проспекта, но и масштабная вырубка деревьев вдоль дороги, а также изменение пешеходной дорожки. Мнение жителей района не учитывалось, что повлекло судебное разбирательство.

Иск жителей г. Екатеринбурга направлен на пересмотр проекта монтажа защитных экранов у дороги напротив Краснолесья, 14/1 [7]. Жильцы дома поднимают вопрос об эффективности установки шумозащитных экранов по той схеме, которая предложена подрядчиком: в две линии, посередине тротуара и разрывами на пешеходный переход и выезды. Жители уверены, что установка экранов целесообразна только одной сплошной линией и при условии переноса остановки общественного транспорта в сторону. В противном случае экраны нецелесообразны и не будут спасать жителей дома от шума, при этом перед окнами жителей 1-3 этажей будут грязные, разрисованные, поломанные и «отремонтированные» (забитые железными листами) экраны, такие, какие уже можно наблюдать далее по улице Краснолесья. Даже при установке экранов в одну линию, будет разрыв на пешеходный переход, в который как «в воронку» будет поступать шум. Так же экраны не будут установлены до конца дома, так как там расположен выезд, через который также будет поступать шум и часть дома не будет защищена экранами. Следовательно, в данной ситуации установка экранов нецелесообразна и их эффективность сводится к нулю.

Также местные жители отмечают, что при установке экранов ухудшится внешний вид улицы Краснолесья, которая в настоящее время до дома № 16/1 имеет красивый, ухоженный вид с широкими тротуарами и газонами. Как альтернативу экранам жители предлагают на газоне между тротуаром и дорогой высадить деревья, которые росли вдоль дома до строительства 6-ти полосной автодороги и отлично защищали дом от шума, грязи и пыли. Однако администрация города все же приняла решение по установке шумозащитного экрана на основании экспертизы.

Следующий пример связан с правом собственника владеть, пользоваться и распоряжаться своим имуществом [8]. Житель г. Краснодара, гражданин N, является собственником земельного участка, на котором будет возведен гипермаркет, мотель кемпинга и ресторан национальной кухни, площадью 25 000 кв.м. Право собственности гражданина N зарегистрировано в установленном законом порядке, не отменено, не оспорено. Имеется разрешение на строительство сроком действия до 12.04.2016 г. В августе 2014 г., при осмотре своего земельного участка, Стародубцевым Ю.А. было установлено, что в ходе реконструкции федеральной автодороги «Кавказ», вдоль всей фронтальной границы земельного участка, принадлежащего гражданину N, производятся подготовительные работы (бурение скважин, заливка бетона и прочие работы), для последующей установки шумозащитного экрана, высотой не менее трех метров. Указанный шумозащитный экран, после его установки, полностью закроет обзор на земельный участок со стороны автодороги «Кавказ». То есть, потенциальные посетители строящихся объектов, движущиеся по автодороге «Кавказ» будут лишены возможности получить визуальную информацию, в том

числе рекламного характера, о наличии интересующих их объектов торговли, отдыха и общественного питания. В результате отсутствия заинтересованности потенциальных клиентов, вследствие невозможности визуального обнаружения объектов придорожного сервиса нарушаются права и законные интересы гражданина N. В связи с чем, он обратился в суд. В результате суд вынес решение в отсутствие необходимости в установке шумозащитных экранов вдоль земельного участка гражданина N [8].

Еще один пример: истцу на праве собственности принадлежат железнодорожные пути не общего пользования [8]. Для их использования в хозяйственной деятельности истцу необходим земельный участок в целях организации погрузочно-разгрузочной площадки. На основании жалобы жительница дома, в жилых комнатах квартиры которой уровень шума от железнодорожного транспорта превышал допустимые нормы, руководством железной дороги было принято решение установить ограждение из шумопоглощающих конструкций. Однако данное ограждение препятствует использованию путей истцом. Ответчики (руководство ж. д.) возражают, говоря о том, что шумопоглощающие конструкции установлены при наличии разрешительной документации и не на участке истца по делу.

Как выяснилось судом, участок был разделен пополам и продан, поэтому установка шумозащитного экрана на всей территории не законна. Суд вынес решение о демонтаже экрана с арендуемой истцом части земли. Кроме того, устроенное ответчиками ограждение препятствует использованию путей истцом, так как разгрузка вагонов в отсутствие разгрузочной площадки была невозможна.

Но есть и прямо противоположные ситуации, когда жильцы домов обращаются в администрацию города с просьбой об установке шумозащитных экранов вблизи жилых домов [9]. Так жильцы г. Москвы, проживающие по адресу Народного ополчения, д. 3 направили обращение на сайт мэрии о том, что при строительстве 4-ого участка Северо-Западной хорды возведение шумозащитных экранов на данном участке дороге вблизи домов Народного Ополчения д. 3 не предусмотрено. В виду непосредственной близости домов к дороге они просили внести изменения в утвержденный проект строительства данного участка (эстакады) и установить шумозащитные экраны вблизи данных домов. Решение было принято в их пользу и шумозащитные экраны установлены [9].

Исходя из вышеприведенных ситуаций можно сделать вывод о существующих проблемах целесообразности возведения шумозащитных экранов. Кроме своего прямого назначения – защиты от шума, они могут портить общий ландшафт и «не работать» в той или иной локации, могут загораживать необходимые проходы и ухудшать видимость, могут нарушать условия жизнедеятельности и приводить к нервно-депрессивному синдрому.

Массовой статистикой и мониторингом состояния эффективности экранов у нас в стране, как правило, не занимаются, поэтому критерии по их возведению и эксплуатации отсутствуют. Поэтому необходимы мониторинговые

исследования в сфере эффективности, полезности и адекватности установки шумозащитных барьеров, как защиты от шумового загрязнения.

### Список литературы

1. Хадарцев А.А. Такой привычный вредитель. Несоответствие численных значений относительной дозы шума ГОСТ 12.1.003-83 действующим гигиеническим нормативам / А.А. Хадарцев, А.Г. Хрупачев, Л.В. Кашинцева // Стандарты и качество. – 2010. – № 12. – С 42-44.

2. Кашинцева Л.В. Определение интенсивности движения автотранспортных средств для оценки шумовой характеристики транспортного потока / Л.В. Кашинцева, А.С. Никихин // В сборнике: энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды. Международная научно-техническая конференция. – 2015. – С. 40-48.

3. Иванов Н.И. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов. *Noise Theory and Practice* / Н.И. Иванов, А.Е. Шашугин, Ю.С. Бойко. – 2016. – Т.2, № 4(6). – С. 24-28.

4. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37251626>.

5. Нагородила проблем. Из-за жалоб уфимки у жилого дома вырос 6-метровый забор. [https://ufa.aif.ru/society/jkh/nagorodila\\_problem\\_iz-za\\_zhalob\\_ufimki\\_u\\_zhilogo\\_doma\\_vyros\\_6-metrovyuy\\_zabor](https://ufa.aif.ru/society/jkh/nagorodila_problem_iz-za_zhalob_ufimki_u_zhilogo_doma_vyros_6-metrovyuy_zabor).

6. Севастополь сегодня <https://forpostsevastopol.ru/social/transport/shumozashhitnyj-jekran-predlozhili-ustanovit-vdol-sevastopolskogo-prospekta/>

7. Шумозащита Краснолесья 14/1

[https://akademtos.ru/news/shumozashhita\\_krasnolesja\\_14\\_1/2021-06-29-282](https://akademtos.ru/news/shumozashhita_krasnolesja_14_1/2021-06-29-282).

8. КонсультантПлюс – компьютерная справочная правовая система в России.

9. Сайт Сергея Собянина. Предложения от жителей города. Шумозащитные экраны. <https://www.sobyanin.ru/program/ticket/369?page=12&topicId=99>.

### К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

А.В. Пушкарева, О.Д. Чумакова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

**Аннотация.** Статья посвящена освещению такой проблемы, как загрязнение городов России. Проведен анализ сложившейся экологической ситуации и выявлены города с наихудшей экологической обстановкой.

Жизнь современного человека нельзя представить без промышленности, без огромных дымящих заводов, глубоких карьеров и сплетения проводов. Но, к

сожалению, именно материальное производство и его бешеный темп наносит наибольший ущерб экологической обстановке мира в целом и России в частности.

С течением временем актуальность этой проблемы только возрастает – в ответ на рост промышленности и, соответственно рост рабочих мест – появляются новые предприятия, заводы и фабрики. Производства растут, но качество жизни людей, занятых на них, неуклонно падает.

Промышленность России очень разнообразна – обрабатывающая и горнодобывающая промышленность (66 %), металлургия (10 %), машиностроение (16 %), химпроизводство (20 %), атомная энергетика (3 %). Во многих сферах наша страна входит в число мировых лидеров – добыча нефти и нефтепродуктов, оружейная промышленность и ракетостроение. Но для подобных свершений соответствующая цена – в России есть города, ситуация в которых признана катастрофическими – Челябинск, Нижний Тагил, Дзержинск, Магнитогорск, Норильск и Новокузнецк. [3]

Основываясь на имеющихся статистических данных: в 2015 году в атмосферу *Челябинска* было выброшено 257,42 тыс. тонн загрязняющих веществ: 113,15 тыс. тонн от автотранспорта (44 % от общего количества) и 144,27 тонн от промышленных предприятий. [5]

В *Нижнем Тагиле*, ситуация так же тяжела: в Докладе об экологических проблемах Свердловской области отмечается, что за последние 5 лет прослеживаются тенденция увеличения среднегодовой концентрации таких веществ, как: формальдегид, бензапирен, этилбензол, сероводород, аммиак, диоксид азота. Так же отмечается нарастающая динамика роста выбросов загрязняющих веществ с стационарных точек с 115,9 тыс. т (2011 г.) до 127,6 тыс. т (2013 г.).

В *Дзержинске*, рамках мониторинга, проведенного в 2013 году, в более чем в половине проб воздуха обнаружено повышенное содержание таких веществ как фенол (300 проб), формальдегид (300 проб), бензол (50 проб), толуол (50 проб), этилбензол (50 проб), оксид азота (400 проб) и другие.

В *Магнитогорске* наибольшую опасность для жителей города представляют находящиеся в воздухе бенз(а)пирен, диоксид азота, сероводород и формальдегид. Допустимая норма этих веществ в разных районах города превышена в 5-20 раз. [2]

Не лучше ситуация и в *Норильске* – содержание загрязняющих веществ в атмосфере города практически всегда выше предельной допустимой концентрации в 4-5 раз, и иногда доходит до 25,8 ПДК (диоксид азота, 1993 год), 35,6 ПДК (диоксид серы, 1992 год) и даже 120 ПДК (формальдегид, 1995 год).

Ещё один промышленный гигант России – *Новокузнецк*, практически задыхается. В соответствии с критериями Росгидромета уровень атмосферного загрязнения в городской черте является очень высоким и превышает критические отметки. Зафиксировано превышение ПДК по: бензапирену – более чем в четыре раза, формальдегиду – в три раза, фториду водорода – более чем в полтора раза, диоксиду азота – почти в полтора раза. [1]

Несмотря на снижение темпов роста атмосферных выбросов в России в целом, ситуация всё равно остается прискорбной – сейчас мы находимся в остром поиске вариантов решения данной проблемы – реновация производств, строительство новых экологически безопасных промышленных предприятий. [4]

### Список литературы

1. Документ о состоянии окружающей среды города Новокузнецк за 2019 год – [Текст]: Комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов администрации г. Новокузнецк. – 2019. – С.85.
2. Подосенова О. Свердловская область / О. Подосенова – [Текст]: М.: Лесная страна, 2010. – 36 с.
3. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», МПР, 2015-2020 гг. Москва.
4. Экологический справочный ресурс [Электронный ресурс] // URL: <https://greenologia.ru/> (дата обращения 03.11.21).
5. Челябинский ЦГМС - филиал ФГБУ «Уральское УГМС» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.chelpogoda.ru/pages/1268.php> (дата обращения 03.11.21).

## К ВОПРОСУ ОБ ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ

Ю.Н. Пушилина, М.А. Затюпа  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам применения новых экологически безопасных видов энергии. Проведен анализ новых экологически безопасных видов энергии во всем мире.

Вопросу применения новых экологически безопасных видов энергии посвящены все современные исследования и работы многих ученых и исследователей.

Развитию возобновляемых источников энергии способствуют обостряющиеся со временем проблемы. Среди данных проблем можно выделить проблему обеспечения возрастающих энергетических потребностей увеличивающегося населения. Начиная с 2001 г. потребление энергии в мире превысило 500 ЭДж/год.

Государство должно содействовать продвижению нового направления в энергетике и создавать механизмы стимулирования для малого и среднего бизнеса с целью привлечения как финансовых, так и человеческих ресурсов в данную отрасль. Однако оно и само должно участвовать в финансировании по разработке и внедрению возобновляемых источников энергии, так как с

прогрессом данной отрасли отдача от вложенных средств может стать дополнительным источником прибыли для государственного бюджета.

Современная энергетика – отрасль, где широко используются различные природные экологически чистые источники энергии:

- ветер;
- солнечное излучение;
- вода;
- биотопливо.

Технологии энергетических преобразований, лежащие в основе применения указанных видов природных ресурсов, позволяют частично решить проблему нехватки энергоресурсов, однако далеко не всегда являются экологичными.

Для таких чистых источников энергии используют солнечные батареи и гелиоэнергетику. Солнечное излучение считается перспективным направлением развития альтернативной энергетики.

Среди преимуществ установки солнечных батарей выделяют минимальное влияние в процессе генерации энергии на окружающую среду, высокий КПД установок, отсутствие шума, а также возможность монтажа практически в любом регионе планеты.)

Другим видом являются ветровые электростанции, ветряки. Их основные преимущества:

- применение безопасного сырья – природных ветряных масс;
- относительно быстрая окупаемость при использовании в промышленных масштабах – 1-2 года;
- отсутствие вредных выбросов.

Ветряные станции производят за одинаковый промежуток времени энергии в 25-30 раз больше, нежели потребляют за тот же период.

И, конечно, альтернативным источником энергии является гидроэнергетика. Преобразование энергии водного потока позволяет получить дешевую электроэнергию, выработка которой на ГЭС сопровождается относительно небольшим влиянием на экологию. К преимуществам гидроэнергетики относят: дешевизну, отсутствие вредных выбросов в процессе работы, КПД – 85-90 %.

И еще один источник возобновляемой энергии – биотопливо. Применяя экологически чистые источники энергии, можно уменьшить потребление невозобновляемого сырья либо полностью заменить его. Жидкое, твердое, газообразное биотопливо является универсальным средством получения энергии независимо от региона его использования.

К преимуществам биотоплива относят:

- возможность применения различного сырья для получения энергетической биомассы;
- общедоступность;
- соблюдение нейтрального уровня поглощаемого/выделяемого углекислого газа;

- низкая себестоимость исходного сырья.

В заключение, необходимо отметить что применение и нахождения новых альтернативных источников энергии – актуальная и важнейшая задача всего человечества, которая определит ход развития событий и жизнь будущих поколений.

### Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. Перспективы устойчивого развития в области охраны окружающей среды и природопользования // Современные проблемы экологии. XXVI Всероссийская научно-практическая конференция. – 2021. – С. 131-133.

2. Нетрадиционная энергетика / С. В. Алексеенко // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов. – М. Большая российская энциклопедия, 2004-2017.

3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Возобновляемая\\_энергия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Возобновляемая_энергия).

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

Ю.Н. Пушилина, А.В. Лазарева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена вопросу применения экологичных материалов. Проведен анализ существующих материалов для возведения стен, их составов, свойств и где они могут быть применены.

Строительные материалы в большинстве своем содержат и выделяют вредные вещества. Для строительства, а также ремонта правильнее выбирать безопасную продукцию. Естественно, что более всего соответствуют критериям экологичности природные материалы, которые исторически использовались человеком [1]. Это камень, дерево, глина, песок. Они абсолютно безопасны для здоровья, создают в помещении благоприятный микроклимат.

Камень и, в большей степени, дерево являются возобновляемыми материалами: при правильном их использовании они с течением времени полностью восстанавливаются. Но для современного строительства природные материалы подходят не всегда из-за существенных недостатков: например, дерево не обладает достаточной огнестойкостью и прочностью. Камень – дорогостоящий материал и не всегда годится для строительства многоэтажных жилых домов.

Поэтому часто используются материалы, изготовленные на основе природных – бетон, стекло и другие. Подобная продукция хорошего качества также безопасна для здоровья человека.

Традиционные материалы для возведения стен.

*Глиняный или силикатный кирпич*, изготовление которых происходит из натуральных компонентов: глины, известняка и песка. *Древесина*. Речь идет об оцилиндрованном бревне или профилированном бруске. Он нуждается в обязательной обработке защитными составами против паразитов и микробов. *Природному камню* свойственны высокие прочностные показатели. Однако ввиду дороговизны полностью каменных сооружений, нуждающихся в прочном фундаменте, данный экологичный материал чаще всего применяется только для строительства первых этажей.

Нетрадиционные материалы для возведения стен.

*Керамическая пена*. Второе название – *керпен*. Отличается высокими показателями пористости и изготавливается из легкоплавких глин, перлитов, цеолитов, базальтов и отработки горных пород. *Зидарит*. Эти строительные плиты практически полностью состоят из древесной стружки. Лишь 10 % их состава приходится на цемент и жидкое стекло. *Соломит, камышит*. Как становится ясно из названия, это блоки, произведенные из соломы или камыша с добавлением глины. *Геокар* – данные блоки характеризуются хорошими показателями теплоизоляции и шумопоглощения. *Грунтблоки*. Отличаются от предыдущего материала составом, который включает в себя торф, золу и хвою.

Применение, использование, и главное, переработка строительных материалов – важнейшая задача, решаемая во всем мире специалистами в области экологии и строительства. От правильного их использования зачастую зависит самочувствие и здоровья человека, поэтому пренебрегать этими вопросами очень опасно.

### Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. Основные виды загрязнений, возникающих при строительстве и реконструкции сооружений // *Инновационные наукоемкие технологии: доклады VIII региональной научно-практической конференции; под общ. ред. В.М. Панарина*. – Тула: *Инновационные технологии*, 2021. – С. 76-80.
2. <https://innstroy.ru/enciklopedija-stroitelstva/ekologicheski-chistye-materialy-dlya-stroitelstva-doma>.
3. <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/2875-ekologichnost-strojmaterialov>.

## К ВОПРОСУ ОБ ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.В. Кабанова, Д.А. Ерохина  
Тульский Государственный Университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена вопросу об освоении подземного пространства. Проведен анализ проблем освоения подземного пространства и возможности его использования во вторичных целях.

Сейчас подземное пространство широко используется для размещения объектов городского строительства. Использование подземного пространства решает ряд вопросов: уменьшение количества наземных транспортных средств и транспортных потоков, снижение дополнительных затрат на строительство дорог и инженерных коммуникаций, улучшение санитарно-гигиенического состояния городов, появляется возможность уменьшить количество наземных построек, решение проблемы с недостатком инсоляции и озеленения, снижение шумового загрязнения [1,3]. Тем не менее, несмотря на существенные плюсы освоения подземных пространств, возникают следующие основные проблемы:

- при построении подземных сооружений строителям и проектировщикам необходимо учитывать уже существующую застройку и обеспечивать ее сохранность, беря во внимание инженерные сети;

- необходимо обеспечивать сохранность уже сложившихся экологических систем;

- необходимо минимизировать вмешательство в геологическую среду;

- необходимо обеспечивать достаточную прочность подземных сооружений, учитывая давление грунта;

- необходимо обеспечивать водонепроницаемость ограждающих конструкций, учитывая уровень подземных вод и возможность его изменения.

Решая вышеперечисленные проблемы, геотехники активно осваивают методы комплексного подземного строительства, благодаря которому взаимосвязаны все структурные элементы современного мегаполиса [2]. Такой подход создает переход от плоскостного развития городского пространства к объемному, что позволяет экономить территории и нормализует круговорот природных материалов с минимумом трансформаций. Данный подход также развивает концепции вертикальных городов с возможностью переноса основной части многоэтажных построек в пригороды и освобождением центра города под озеленение и усовершенствованной подземной инфраструктуры.

### **Список литературы**

1. *Чередниченко Т.Ф. Освоение подземного пространства при проектировании и строительстве уникальных зданий и сооружений: учебное пособие / Т.Ф. Чередниченко, О.Г. Чеснокова, В.Д. Тухарели. – 2015 г.*

2. *Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология: учебное пособие для вузов / А.Н. Тетиор. – М.: Академия, 2008. – 362с.:ил.*

3. *Интернет-источник – научная электронная библиотека «КиберЛеника».*

4. *Молчанов В.М. Основы архитектурного проектирования: социально-функциональные аспекты: учебное пособие для вузов / Молчанов В.М. – Ростов-н/Д: Феникс, 2004.*

# ЭВОЛЮЦИЯ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.А. Андреев  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам эволюции проблемы охраны окружающей среды, а также выделению основных проблем, решаемым на сегодняшний день в области экологии.

Охрана природы в древности и Средневековье осуществлялась в значительной мере в форме народной охраны. Защита окружающей среды начиналось с лесов, охраны некоторых видов рыб и животных, очистки городских сточных вод, а также были первые попытки охраны целых природных ландшафтов.

Охрана природы в Новое время в целом не отличалась ни активностью, ни эффективностью. Промышленная революция, развитие капитализма, известное соперничество большинства государств вели к резкому росту нагрузки на все природные ресурсы и способствовали их нерациональному использованию. В конце XIX – начале XX века заметен рост общественного интереса к проблемам охраны природы. В США, Западной Европе появляется программа по созданию заповедников и национальных парков.

В 1910 году Всемирным зоологическим конгрессом была предложена идея по созданию международной природоохранной организации. Она получила колоссальную поддержку на межправительственной конференции по охране природы в Берне в 1913 году.

Заметный прогресс в ключе рационального природопользования начался на рубеже 1960-1970-х годов, не одновременно в разных странах, но со значительным сходством. Основное содержание этого этапа – его отличия от предыдущих этапов - включает в себе следующее:

1. Создание ведомств с целью принятия эффективных национальных природоохранных законов
2. Внедрение экономического механизма природопользования
3. Внедрение на государственном и межгосударственном уровнях экологических стандартов на содержание загрязняющих веществ во всех компонентах окружающей среды: в воздухе, воде, почвах, продуктах, выхлопах автомобилей и т.д.
4. Введение предварительной экспертизы планов и проектов хозяйственной деятельности
5. Формирование систем экологического образования, воспитания и повышение роли общественности в решении природоохранных проблем

Говоря об эволюции рассматриваемой проблемы, следует заметить, что с глобализацией, урбанизацией, ежегодным увеличением населения планеты все экологические проблемы усугубляются. Колоссальные объемы потребления

ресурсов человеком приводит к катастрофическим последствиям. А проблемы мусора и отходов носит настолько глобальный характер, что экологические проблемы, и даже, катастрофы неизбежны.

Если говорить об экологической политике в современных условиях, то необходимо отметить постоянно растущую техногенную нагрузку на окружающую среду вызвала ухудшение экологической ситуации во многих странах. Проблема охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности вышла за пределы национальных границ и превратилась в одну из глобальных проблем, стоящих перед мировым сообществом в XXI в.

### Список литературы

1. Тищенко Н.Ф. *Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределения в воздухе: справочник* / Н.Ф. Тищенко. – М.: Химия, 1991. – 362 с.

2. Семенов И.В. *Мониторинг в системе обеспечения экологической безопасности гидротехнических объектов* / И.В. Семенов [и др.] // *Гидротехническое строительство*. – 1998. – № 6.

3. Романенко В.Д. *Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим критериям* / В.Д. Романенко [и др.]. – К., 1998.

4. Рихтер Л.А. *Тепловые электрические станции и защита атмосферы* / Л.А. Рихтер. – М.: Энергия, 1975. – 131 с.

5. Енякин Ю.П. *Работы ВТИ по снижению выбросов оксидов азота технологическими методами* / Ю.П. Енякин, В.Р. Котлер, В.И. Бабий, С.Г. Штальман, С.И. Щербаченко // *Теплоэнергика*. – 1991. – № 6. – С.33–38.

6. Котлер В.Р. *Снижение газообразных выбросов без очистки дымовых газов на ТЭС (опыт США)* / В.Р. Котлер, Р. Пейн // *Электрические станции*. – 1994. – № 7. – С. 65–71.

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ФОСФОГИПСА В НЕОРГАНИЧЕСКИЙ ЛЮМИНОФОР

О.А. Меденников, Е.А. Сидаш, Н.П. Шабельская, В.А. Ульянова  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова,  
г. Новочеркасск

**Аннотация.** Проблема переработки отходов химической промышленности с получением ценных вторичных продуктов является одной из самых актуальных в современном мире. Фосфогипс образуется как побочный продукт в процессе производства фосфорсодержащих удобрений, его складировать в отвалы. Экологически безопасное, масштабное и высокоэффективное использование фосфогипса является актуальной задачей. В работе предложен способ переработки фосфогипса с получением

*неорганического люминесцентного материала. Полученные результаты могут послужить основой для создания технологии переработки крупнотоннажных отходов производства фосфорной кислоты в дешевые востребованные неорганические люминесцентные красители.*

Фосфогипс образуется как побочный продукт в процессе производства фосфорсодержащих удобрений из апатитового сырья. Далее его складировать в отвалы, что приводит к загрязнению окружающей среды и является неэффективной растратой ресурсов. В этой связи экологически безопасное, масштабное и высокоэффективное использование фосфогипса привлекает все больше ученых из разных стран мира. В современном обществе материалы с люминесцентными свойствами являются объектом интенсивного изучения ввиду широкого круга возможностей их использования. Одним из широко распространенных является люминофор на основе сульфида кальция [1].

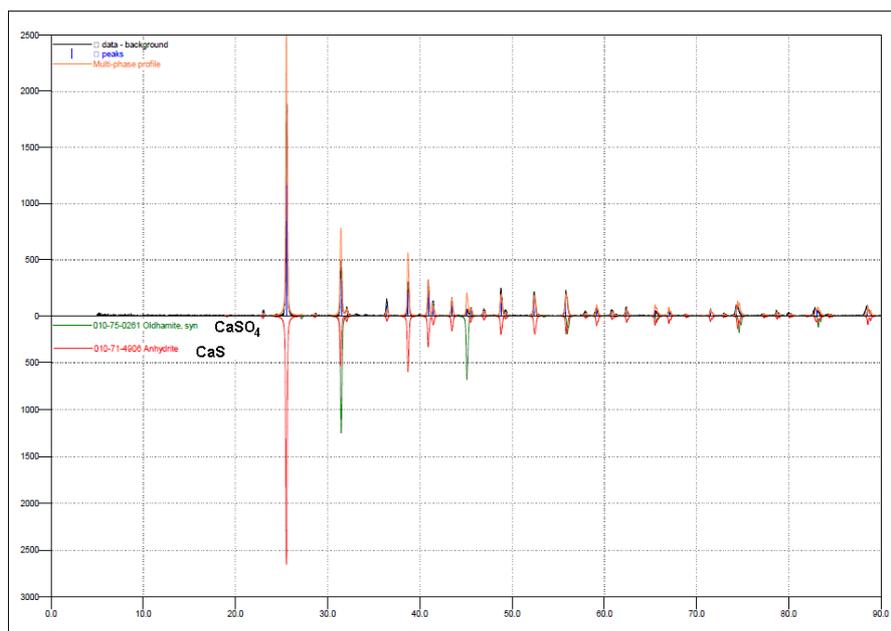
Известен способ получения сульфида металла [2], по которому сульфиды осаждают в неводной среде жидких углеводородов предельного ряда  $C_nH_{2n+2}$ , путем взаимодействия соединений металлов (гидроксидов, ацетатов, солей жирных кислот) с выделяющимся в ходе реакции сероводородом. В ходе реакции серу растворяют в углеводороде, вводят соединение металла (соль или гидроксид), проводят синтез при температуре 174 °С в течение 6 часов, отфильтровывают продукт в горячем состоянии, промывают горячим деканом и высушивают при температуре 150 °С.

Недостатком этого способа получения сульфида кальция являются необходимость использования горячей легко воспламеняющейся жидкости (предельных углеводородов, температура вспышки 47 °С, температура самовоспламенения 66 °С), что вызывает необходимость увеличения затрат на организацию безопасной работы, а также длительность процесса.

Перед авторами стояла задача разработки экономичного способа получения сульфида кальция, не загрязненного углем, при более низких температурах термообработки, без применения сложной аппаратуры, что позволяет существенно снизить энергоемкость и, тем самым, удешевить его производство.

Технический результат достигается путем получения образцов сульфида кальция посредством смешивания исходных сульфата кальция и восстановителя, при этом в качестве восстановителя используют растительное масло, а в качестве сульфата кальция используют фосфогипс, исходные вещества в соотношении фосфогипс : растительное масло 3,0 – 4,0 : 1 гомогенизируют в течение 30 сек. в смесителе мощностью 0,45 кВт со скоростью 1500 об/мин., термообработывают при температуре 500-800 °С в течение 60 минут.

Технический результат обеспечивается за счет сокращения продолжительности перемешивания, использования восстановителя, находящегося в жидкой фазе, что позволяет улучшить гомогенизацию исходных веществ и перевести процесс формирования структуры образцов в процессе термообработки из диффузионной области в кинетическую. На рисунке приведена рентгенограмма образца, восстановленного фосфогипса.



Рентгенограмма образцов фосфогипса, термообработанного в присутствии растительного масла

Полученные материалы обладают люминесцентной способностью: светятся желто-оранжевым светом при облучении излучением ультрафиолетовой части спектра.

**Вывод.** В результате проведенного исследования выявлена возможность и определены условия получения неорганических люминесцентных материалов на основе сульфида кальция из фосфогипса.

### Список литературы

1. Arai M., Fujimoto Y., Koshimizu M., Kawamura I., Nakauchi D., Yanagida T., Asai K. Development of rare earth doped CaS phosphors for radiation detection // *Journal of the Ceramic Society of Japan*. – 2020. – V. 128, № 8. – P 523 – 531.
2. Перов Э.И., Ирхина Е.П., Ильина Е.Г., Гончарова И.В., Федоров И.С., Головачев А.Н. Способ получения сульфида металла. Патент РФ 2112743 Алтайский государственный университет; заявл. 10.12.1996, опубл. 10.06.1998.

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

М.А. Егорова, Ю.А. Гайдукова, Н.П. Шабельская, В.А. Ульянова  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова,  
г. Новочеркасск

**Аннотация.** В работе предложен простой способ получения феррита-хромита цинка с развитой поверхностью. Синтезированный материал успешно опробован в процессе очистки водного раствора от примеси органического

*красителя. Полученные результаты могут послужить основой для создания технологии каталитически активных материалов для систем водоподготовки.*

Загрязнение окружающей среды отходами промышленного производства становится одной из наиболее значительных проблем современности. Поиск путей снижения токсичности сточных вод предприятий является актуальной проблемой современности.

Ферриты переходных элементов проявляют свойства каталитически активных материалов в процессах разложения органических примесей в водных растворах [1, 2]. Целью работы было получение неорганических катализаторов на основе феррита цинка (II) и изучение их активности в реакции разложения органического красителя в присутствии пероксида водорода.

Одним из известных способов получения катализаторов, включающих хромит-алюминат меди (II)-цинка [3], применяют в качестве исходных материалов гидрокарбонат меди (II), гидроксид алюминия и хромовую кислоту. Согласно такому способу, указанные вещества помещают в пластификатор, подводят паровой обогрев, затем используют ленточную сушилку, где проводят процесс высушивания материала в течении 8-10 часов при повышенной до 120 °С температуре, затем перемещают во вращающуюся прокалочную печь на время до 8 часов, используют температуру 450 °С. Полученный полуфабрикат смешивают с дихроматом меди с оксидом цинка, используя их в качестве связующей добавкой, длительно до 10 часов высушивают при температуре до 110 °С, смешивают с графитом и таблетуют.

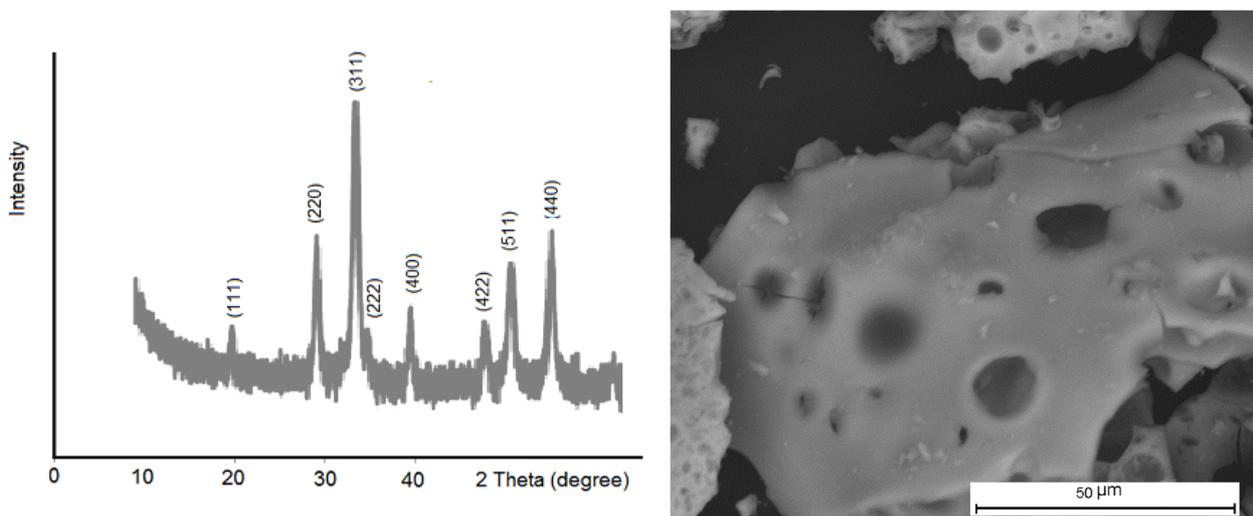
Следует отметить существенный недостаток этого способа, заключающийся в длительности процесса, необходимости использования канцерогенных соединений шестивалентного хрома.

Перед авторами стояла задача разработки способа получения шпинелей на основе ферритов переходных элементов, имеющих мелкокристаллическую структуру, с более простым режимом термообработки, с меньшей продолжительностью. Это достигнуто путем получения образцов ферритов-хромитов переходных элементов со структурой шпинели посредством гомогенизации оксидов железа (III), хрома (III), цинка (II), при этом смесь оксидов получают при разложении растворов нитратов цинка (II), железа (III), сульфата хрома (III) с концентрацией 1 моль/л, в присутствии 10-20 % раствора аммиака с концентрацией 14 моль/л и 25-35 % раствора лимонной кислоты с концентрацией 6,25 моль/л, при выпаривании в течение 10-30 минут с последующим прокаливанием солей соответствующих элементов в течение 10-20 минут при температуре 500-700 °С до прекращения газообразования и термообработке смеси при температуре 900 °С в течение 30 минут.

Технический результат обеспечивается за счет получения и использования более активных прекурсоров, с меньшей температурой термического разложения, что позволяет проводить процесс формирования структуры шпинели в процессе термообработки при меньшей

продолжительности. На рисунке приведена рентгенограмма и микрофотография синтезированного феррита-хромита цинка (II).

Полученные материалы обладают развитой поверхностью ( $37,4 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и повышенной каталитической активностью в реакции разложения органического красителя под действием пероксида водорода: в присутствии каталитически активного материала удаётся удалить более 65 % красителя из водного раствора в течение 150 мин.



Рентгенограмма и микрофотография образца феррита-хромита цинка

**Вывод.** В результате проведенного исследования выявлена возможность и определены условия простого синтеза каталитически активного материала на основе феррита-хромита цинка. Полученный материал позволяет производить качественную очистку водных растворов от органического красителя.

### Список литературы

1. Гайдук Ю.С. Синтез, структура и магнитные свойства кобальт-цинкового наноферрита для магнитореологических жидкостей / Ю.С. Гайдук, Е.В. Коробко, К.А. Шевцова, Д.А. Котиков, И.А. Вито, А.Е. Усенко, Д.В. Ивашенко, А. Фахми, В.В. Паньков // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 28-38.
2. Моряк Т.М. Анализ перспектив использования отходов гальванических производств / Т.М. Моряк, Л.В. Кульбицкая, В.И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С 96-102.
3. Технология катализаторов / Под ред. И.П. Мухленова, – Л.: Химия, 1989. – 272 с.

## ХИМИЗМ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДЫ

В.Ю. Александров, В.В. Гуровский, В.В. Ларичкин  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск

*Аннотация.* В работе проведен анализ физико-химических аспектов обезвреживания вод, загрязненных фенолом. Даны рекомендации по применению наиболее экологических способов очистки вод от такого вида загрязнения.

Значимой проблемой охраны окружающей среды является обезвреживание сточных вод от фенола, который является высокотоксичным соединением, оказывающим крайне неблагоприятное воздействие на все организмы, что определило жесткие значения ПДК, установленные для этого загрязнителя в водах, как хозяйственно-питьевого, так и рыбохозяйственного водопользования – 0,001 мг/л [1].

Значительное количество фенола сбрасывается в водоемы со сточными водами нефте- и коксохимических, целлюлозно-бумажных, сланце-перерабатывающих, угольных предприятий, процессов получения и переработки фенолов, а также при гниении растений [2]. Несмотря на значительное число отечественных и зарубежных разработок по очистке производственных сточных вод от фенолов, данную проблему нельзя считать решенной [2, 3, 5].

Жидкофазное окисление фенола является сложным процессом окислительного превращения ароматического спирта в набор органических соединений, относящихся к различным классам. На первых стадиях процесса окисление не сопровождается разрывом бензольного кольца, а протекает с последовательным образованием *p*- и *o*- гидрохинонов, переходящих в *p*- и *o*- бензохиноны. Последующая окислительная деструкция уже сопровождается разрывом бензольного кольца с образованием кислот: малеиновой; уксусной; щавелевой, которые доокисляются до экологически безопасных продуктов – CO<sub>2</sub> и воды.

С точки зрения термодинамики, наиболее энергетически затратным является процесс, связанный с разрывом бензольного кольца, образованного  $\pi$ - электронами атомов углерода. Последующее доокисление органических двух- и одно- основных кислот до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, осложняется низкой селективностью процесса в направлении полного окисления.

Общая схема реакций процесса полного окисления фенола представлена на рисунке.

Этот сложный процесс можно регулировать как химическими факторами:  
- вариация силы окислителей, каталитическая активация, так и физическими:

- повышение температуры, давления, воздействие УФ-излучением.

Перечисленный комплекс воздействий позволяет направлять процесс в сторону образования продуктов полного окисления, что обеспечит экологически эффективную очистку загрязненных фенолом вод.

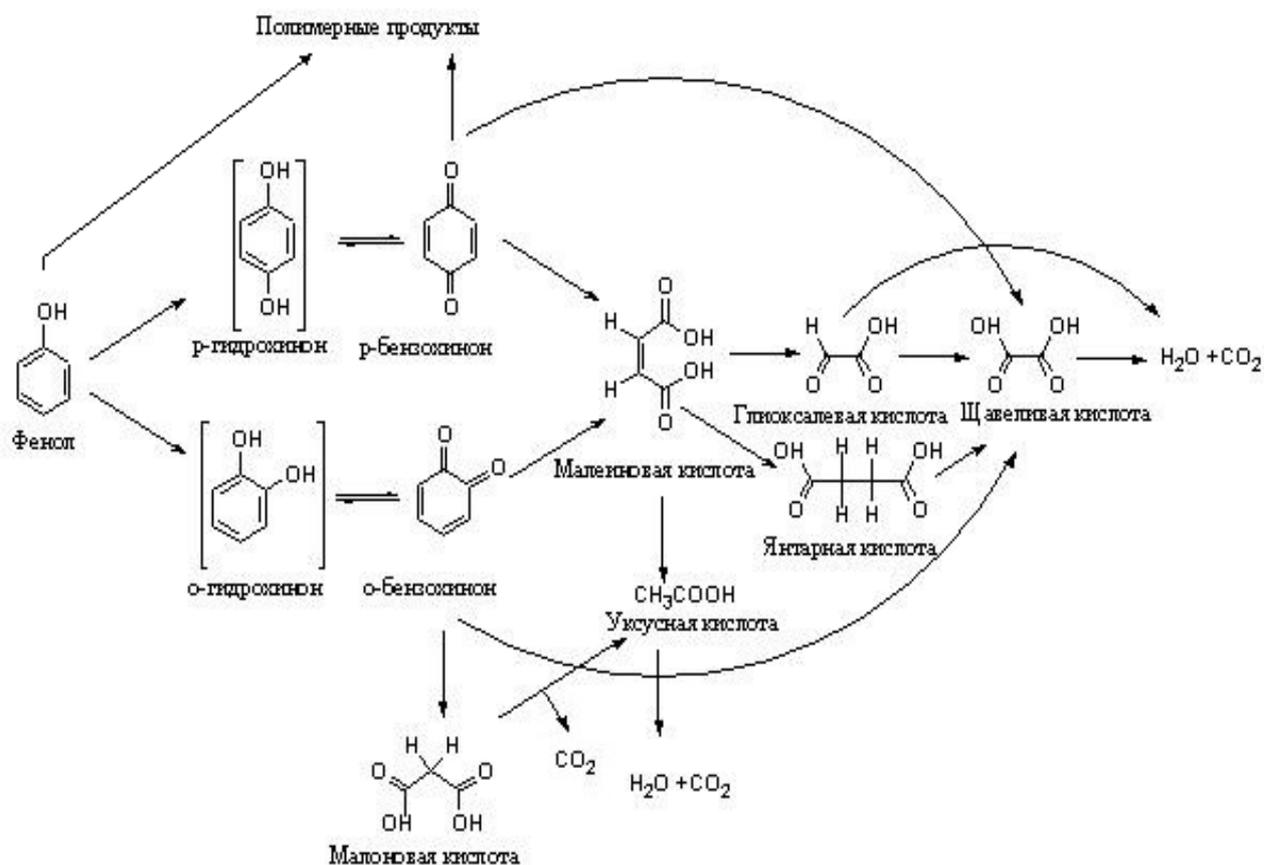


Схема процесса полного окисления фенола

Следует отметить, что окислительная деструкция фенола до органических кислот в десятки и даже сотни раз снижает экологическую опасность загрязненных фенолом вод. Нормативными документами в качестве меры снижения экологической опасности принято отношение  $\text{ПДК}_{\text{фенола}} / \text{ПДК}_{\text{кислот}}$ . А именно, ПДК вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования для щавелевой и уксусной кислот составляют 0,2 и 1,0 мг/л, соответственно. Для вод рыбохозяйственного водопользования ПДК янтарной и уксусной кислот составляют 0,01 мг/л [1].

На практике для очистки сточных вод используют следующие окислители: газообразный и сжиженный хлор, диоксид хлора, хлорат кальция, гипохлориты кальция и натрия, перманганат калия, бихромат калия, пероксид водорода, кислород воздуха, пероксосульфатные кислоты, озон, пиросульфит.

В процессе окисления токсичные загрязнения, содержащиеся в сточных водах, в результате химических реакций переходят в менее токсичные, которые удаляют из воды разными методами. Очистка окислителями связана с большим расходом реагентов, поэтому ее применяют только в тех случаях, когда вещества, загрязняющие сточные воды, нецелесообразно, или нельзя извлечь

другими способами. Например, очистка от цианидов, растворенных соединений мышьяка и хрома +6.

Активность вещества как окислителя определяется величиной окислительного потенциала. Из всех известных в природе окислителей наиболее активным является фтор. Его величина окислительного потенциала составляет 2,87 Вольт. Однако из-за высокой агрессивности он ограниченно используется на практике. Для других веществ величина окислительного потенциала равна: для озона – 2,07 Вольт; для хлора – 0,94 Вольт; для пероксида водорода – 0,68 Вольт; для перманганата калия – 0,59 Вольт.

Таким образом, наиболее эффективным процессом полной очистки загрязнённых фенолом вод является химический процесс озонирования, который дополняется физическим процессом УФ-облучения. Преимущества данного процесса, заключается в отсутствии вторичных загрязнений вод, после очистки от фенола, компонентами от окислительных реагентов. Окислительная деструкция фенола до органических кислот в десятки-сотни раз снижает, экологическую опасность загрязнённых фенолом вод.

### Список литературы

1. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Приказ. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения N 552 от 13 декабря 2016 года (с изменениями на 10 марта 2020 года)

2. Othmal A. Agricultural waste materials for adsorptive removal of phenols, chromium (VI) and cadmium (II) from wastewater/ *Environmental Research* 2021 vol.204 <https://www.journals.elsevier.com/environmental-research>.

3. Аминова А.Ф. Разработка способа очистки фенолосодержащих сточных вод: специальность 03.02.08. «Экология (в химии и нефтехимии)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Аминова Альфия Фатыховна; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа, 2019. – 24 с.: ил.-Библиогр.: с.23-24.-место защиты: Уфимский государственный нефтяной технический университет.- Текст: непосредственный.

4. Вистарос: сайт. – URL: <https://vistaros.ru/stati/analizatory/fenoly-v-stochnyh-vodah.html> (дата обращения: 10.01.2022).- Текст: электронный.

5. Ramatisa L. Ramos Membrane distillation process for phenolic compounds removal from surface water 2021 vol.9 <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-environmental-chemical-engineering>.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ АБИЕТАТОВ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

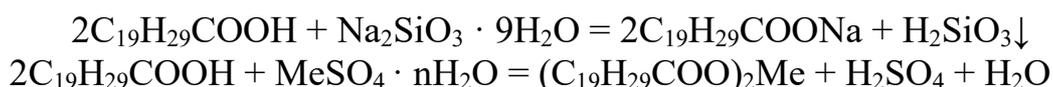
Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин  
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары

*Аннотация.* Влияние и роль химических элементов. О стимулирующей роли абиекатов некоторых микроэлементов.

Изучение жизненной роли всех элементов представляет чрезмерно важный интерес. Химические элементы, которые, входя в состав организмов растений, животных и человека, принимают участие в процессах обмена веществ и обладают выраженной биологической ролью, получили название биогенных элементов. Известно, что многие микроэлементы каталитически активны в определенных реакциях:

- ионы железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ускоряют процессы распада  $\text{H}_2\text{O}_2$ ;

- ионы меди ( $\text{Cu}^+$  и  $\text{Cu}^{2+}$ ) являются катализаторами окислительно – восстановительных процессов в организме, катализируют, в частности, распад аскорбиновой кислоты. Медь присутствует в десятке ферментов, которые регулируют усвоение железа. Кобальт участвует в кроветворении, активизирует синтез мышечных белков, увеличивает количество гемоглобина и форменных элементов крови, а в органах и тканях – количество витаминов и железа. Справедливо утверждение о том, что нет вредных веществ, есть вредные концентрации. В настоящее время получены ряд природных и синтетических биологически активных препаратов и разработаны способы их применения в сельскохозяйственной практике. Нами предлагается кормовая добавка, содержащая девятиводный метасиликат натрия, биологически активное вещество и воду, дополнительно вводили микроэлементы: железа, меди, кобальта, и витамин С (аскорбиновую кислоту), в качестве активного вещества – канифоль (абиетиновую кислоту) при следующем соотношении компонентов, мас. %: девятиводный метасиликат натрия – 20-25; канифоль – 40-50; железо – 10-20; медь – 0,8-4,0; кобальт – 0,2-4,0; аскорбиновая кислота – 0,2-0,4; вода – остальное. Аскорбиновую кислоту вводили в добавку отдельно от других компонентов в связи с ее быстрым окислением. Абиекаты микроэлементов получали обменной реакцией методом осаждения:



где Me:  $\text{Fe}^{2+}$ ;  $\text{Co}^{2+}$ ;  $\text{Cu}^{2+}$ .

Микроэлементный препарат  $(\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COO})_2\text{Me}$  – порошок от светло-серого до светло-коричневого цвета; без запаха; плотностью (по насыпному объему)

0,55-0,60 г/см<sup>3</sup>; кислотным числом – 10 мг/КОН; температура плавления в пределах 178-180°C; не растворим в воде, растворим во многих органических растворителях, хорошо – в 0,4%-ной соляной кислоте (концентрации желудочного сока), маслах [1-8]. Кинетику превращений абиетиновой кислоты в ее соли контролировали методом ИК-спектроскопии. Испытание кормовой добавки в дозе 50 мг на 1 кг живой массы с содержанием микроэлементов и аскорбиновой кислоты позволяет увеличивать прирост живой массы на 16 %, содержание гемоглобина в крови поросят опытных групп сектора «Пиг-Балья» по сравнению с контролем на 1,4 %. Микроэлементы повышают устойчивость организмов животных к различным заболеваниям и неблагоприятным условиям внешней среды.

### Список литературы

1. Читнаев Е.Л. Неорганические вещества, их биологическая активность / Е.Л. Читнаев, Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 1997. – С. 232-233.

2. Тремасов П.И. Применение некоторых абиетатов металлов для повышения продуктивности в сельском хозяйстве / П.И. Тремасов, Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, И.Г. Ситулина, И.М. Киселев // *Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 1997. – С.229-231.

3. Заживихина Е.И. Применение биологически активных веществ на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *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.

4. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Сувар» с дезинфицирующим препаратом «Бальзам-ЭКБ» / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Семейная медицина в современных условиях: материалы научно-практической конференции Приволжского Федерального округа.* – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. – С. 213-214.

5. Заживихина Е.И. Биологическая роль некоторых микроэлементов / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *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.

6. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Бальзам-ЭКБ» с микроэлементным препаратом «Сувар» / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *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.

7. Заживихина Е.И. О биологической роли абиетата натрия / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // Современные проблемы химии и защиты окружающей среды: Тезисы докладов региональной научно-практической конференции. – 2007. – С. 94-95.

8. Заживихина Е.И. Количественное определение меди в органических объектах / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Е.С. Никифорова // 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.

## **ТЕХНОЛОГИИ ЗДОРОВЬЯ. ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПИЩЕВОЙ БИОДОБАВКИ РЕКИЦЕН – РД В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ**

С.Б. Петров, Б.А. Петров, П.И. Цапок  
Кировский государственный медицинский университет,  
г. Киров

*Аннотация.* В работе приведены материалы по изучению эффективности применения пищевой биодобавки «Рекицен – РД» в качестве средства индивидуальной биологической профилактики. Исследование было проведено на добровольцах, проживающих в районах воздействия атмосферных выбросов предприятий городского промышленно – энергетического комплекса и не имеющих в сфере своей профессиональной деятельности контакта с производственными вредностями. Критериями для оценки эффективности применения БАД как средства ИБП служили показатели, характеризующие процессы липопероксидации и антиоксидантную активность. Установлено, что у лиц участвующих в исследовании, после проведения курса приема БАД отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение интенсивности процессов липопероксидации и повышение уровня содержания в сыворотке крови одного из основных антиоксидантов – медьсодержащего белка – церулоплазмينا.

**Ключевые слова:** индивидуальная биологическая профилактика, пищевая биодобавка «Рекицен – РД», население районов воздействия атмосферных выбросов предприятий городского промышленно – энергетического комплекса.

В задачи исследования входила оценка эффективности применения пищевой биодобавки «Рекицен – РД» в качестве средства индивидуальной биологической профилактики (ИБП) для населения, проживающего в районах влияния атмосферных выбросов предприятий городского промышленно – энергетического комплекса.

Пищевая биодобавка «Рекицен – РД» выпускается ЗАО «Ягодное», пос. Югрино, Кировской области (свидетельство о государственной регистрации Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.23.3.У.10534.11.09 от 18.11.2009 г.; ТУ 9197 – 007-05344371-2008-№ 1). Данная пищевая биодобавка содержащая незаменимые аминокислоты, пектин, токоферол, витамины группы В, витамины Н, К, РР и D<sub>2</sub>, макро – и микроэлементы, наряду с высокой сорбционной способностью в отношении токсических агентов, обладает выраженным иммуностимулирующим, противоаллергическим и антиоксидантным действием [1]. Анализ полученных в условиях хронического эксперимента данных свидетельствует о том, что включение в рацион питания животных, затравленных пылью летучей золы с газовым компонентом, пищевой биодобавки «Рекицен – РД» способствует повышению эффективности механизмов детоксикации, уровней антиоксидантной и иммунной защиты организма [2].

Исследование проведено на территории г. Кирова. В жилых районах, входящих в зоны влияния атмосферных выбросов предприятий городского промышленно – энергетического комплекса (ПЭК), индексы опасности (НИ) составляли 3,2 – 4,2. По данным медико-статистических исследований в районах влияния атмосферных выбросов городского ПЭК отмечается статистически значимый ( $p < 0,05$ ) высокий по сравнению с контрольным районом общий уровень распространенности заболеваний среди населения. Значения относительного риска (RR) развития заболеваний среди взрослого населения (1,11 – 1,42) [3,4].

Исследование проведено на 30 добровольцах обоего пола в возрасте 45-50 лет, проживающих в районах воздействия атмосферных выбросов предприятий городского ПЭК и не имеющих в сфере своей профессиональной деятельности контакта с производственными вредностями. Прием пищевой биодобавки «Рекицен – РД» проводился по 3 таблетки 3 раза в день. Продолжительность приема – 4 недели.

Исследование выполнено с учетом этических принципов медицинских исследований с участием людей. У лиц, участвующих в исследовании, до приема БАД и после проведения курса приема БАД, в плазме крови определялись показатели, характеризующие процессы липопероксидации и антиоксидантную активность.

Оценку процессов липопероксидации и состояние антиоксидантной активности проводили хемилюминесцентным методом (ХЛ). Светосумму ХЛ определяли за 30 сек ( $S_{30}$ ) и 60 сек ( $S_{60}$ ), максимальную вспышку ХЛ ( $I_{max}$ ) за исследуемое время на хемилюминометре Emilite 1105. Оценку общей антиоксидантной активности осуществляли методом ХЛ, определяя коэффициент отношения максимальной вспышки к светосумме за 30 сек ( $I_{max}/S_{30}$ ). Максимальный показатель фотовспышки ( $I_{max}$ ) позволяет оценивать содержание первичных продуктов липопероксидации. Антиоксидантную активность (АОА) оценивали методом ХЛ по показателю светосуммы (S) за 60 сек; ее величина указывает на содержание радикалов, находящихся в конце свободнорадикальных реакций и поэтому обратно пропорциональна АОА. Конечные продукты липопероксидации (ТБК – ассоциированные продукты – ТБК<sub>ап</sub>, диеновые конъюгаты – ДК) определяли спектрофотометрически. Из элементов системы антиоксидантной защиты в плазме крови определяли содержание церулоплазмينا модифицированным методом с парафенилендиамином.

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований проводилась с использованием программы Statistica 10.0.

Как видно из приведенных в таблице данных, у лиц участвующих в исследовании, после проведения курса приема БАД отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение значений показателей хемилюминесценции сыворотки крови ( $S_{30 \text{ сек.}}$ ,  $S_{60 \text{ сек.}}$ ), уровня содержания в плазме крови первичных продуктов перекисного окисления липидов – диеновых конъюгатов, конечных продуктов перекисного окисления липидов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК ап), в частности, малонового диальдегида, статистически значимое ( $p < 0,05$ ) повышение уровня содержания в сыворотке крови одного из основных антиоксидантов – медьсодержащего белка – церулоплазмينا.

Характеристика процессов липопероксидации и антиоксидантной активности ( $M \pm m$ )

Показатели	Периоды исследования	
	До приема БАД	После проведения курса приема БАД
$S_{30 \text{ сек.}}$ , имп.	698,2±70,90	432,7±32,40*
$S_{60 \text{ сек.}}$ , имп.	1332,8±73,20	1142,8±55,40*
Максимальная вспышка ХЛ, имп.	111,9±8,40	94,2±6,20*
Диеновые конъюгаты, усл. ед.	0,88±0,11	0,54±0,10*
ТБК ап, мкмоль/л (МДА)	3,44±0,21	1,97±0,32*
Церулоплазмин, мг/л	148,2±8,8	174,4±9,2*

\* – различия между сравниваемыми периодами исследования статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Учитывая, что в основе патогенного действия большинства вредных химических веществ, содержащихся в атмосферных выбросах предприятий городского ПЭК лежат процессы свободнорадикального окисления, индивидуальная биологическая профилактика должна строиться на применении средств, направленных на повышение активности антиоксидантной и антиперекисной защиты (комплексы витаминов, антиоксидантные системы пищевых компонентов). Как показали результаты проведенного нами исследования одним из эффективных средств индивидуальной биологической профилактики является пищевая биодобавка «Рекицен – РД».

### Список литературы

1. Кузнецов В.Ф. Ферментированные пищевые волокна («Рекицен – РД», «Ультрасорб») в патологии человека / В.Ф. Кузнецов, Л.М. Кулемин, С.В. Кузнецов // Вятский медицинский вестник. – 2006. – № 2. – С. 144-145.
2. Петров С.Б. Использование биологически активной добавки, содержащей пищевые волокна, ферментированные винными дрожжами, витамины и минеральные вещества при воздействии пылегазовой смеси. Эксперименты на животных / С.Б. Петров, Б.А. Петров, П.И. Цапок // Вопросы питания. – Т. 79. – № 4. – 2010. – С. 31-34.
3. Петров С.Б. Эколого-эпидемиологическое исследование по оценке влияния атмосферных выбросов городского промышленно- энергетического комплекса на здоровье населения / С.Б. Петров, Е.Н. Онучина, Б.А. Петров // Экология человека. – 2012. – № 3. – С. 11-15.
4. Петров С.Б. Оценка комплексного влияния аэротехногенных загрязнителей городской среды на заболеваемость населения / С.Б. Петров, Б.А. Петров // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5. – Ч. 1. – С. 100-104.

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

А.А. Голотяк, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

**Аннотация.** В статье приведены причины производственного травматизма, их категории. Подобраны мероприятия, способствующие предупреждению и снижению травматизма на предприятии.

В производственных условиях травмы являются следствием внезапного воздействия на работника какого-либо опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей.

Ситуация, связанная с получением работником травмы, называется несчастным случаем.

В зависимости от тяжести последствий травмы подразделяются на лёгкие (по выздоровлении трудоспособность работника восстанавливается полностью), тяжёлые (по выздоровлении трудоспособность работника восстанавливается не полностью), смертельные.

Причины производственного травматизма и аварийности можно разделить на 4 основные группы: организационные; технические; санитарно-гигиенические; личностные [1].

**Организационные причины:** несоответствующая условиям труда продолжительность рабочей смены; отсутствие или несоответствие трудовому ритму перерывов в работе; неудовлетворительное обучение и аттестация работников по знаниям безопасных приёмов работы и др. производственных факторов; формальное проведение инструктажей работников по вопросам производственной безопасности; отсутствие или неудовлетворительное состояние информационно-справочного материала об опасных и вредных производственных факторах на рабочих местах;

**Технические причины:** неудовлетворительное состояние электрохозяйства; наличие открытых движущихся частей технологического оборудования; неудовлетворительное состояние защитных ограждений и экранов; отсутствие или неудовлетворительное состояние предохранительных устройств и блокировок и др.

**Санитарно-гигиенические причины:** наличие в воздухе рабочей зоны токсических веществ и пыли с концентрациями выше ПДК; отклонение параметров микроклимата помещений от допустимых значений; превышение нормативных параметров шума, вибрации, неионизирующих электромагнитных и ионизирующих излучений; неудовлетворительное состояние светового климата; превышение нормативных показателей тяжести и напряжённости трудового процесса;

**Личностные причины:** профессиональная некомпетентность; отсутствие опыта работы на данном рабочем месте; эмоциональная неустойчивость; слабая воля; низкая способность к самоуправлению; рассеянность; невнимательность; низкое чувство ответственности; недисциплинированность; склонность к аффективным состояниям и др.

С целью установления причин производственного травматизма и аварийности каждый несчастный случай, авария и инцидент на промышленных предприятиях России обязательно расследуются. Расследование несчастных случаев на производстве проводится в соответствии с требованиями, изложенными в Трудовом кодексе РФ (ст. 227...231) и «Положении об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях». Техническое расследование причин аварий и инцидентов проводится в соответствии с требованиями, изложенными в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (№ 116-ФЗ) и «Положении о порядке технического расследования причин аварий на опасных производственных объектах» (РД 03-293-99).

Мероприятия, способствующие предупреждению травматизма и аварийности должны быть направлены на реализацию следующих основных требований [2]:

1. Совершенствование технических систем (безопасные технологические процессы и оборудование; применение эффективных предохранительных устройств; использование блокировочных устройств и др.).

2. Совершенствование методов организации труда (качественное обучение и аттестация работников; эффективный распорядок режимов труда и отдыха; разработка планов профилактики производственного травматизма и ликвидации аварийных ситуаций и др.).

3. Создание здоровых санитарно-гигиенических условий труда (снижение опасных и вредных производственных факторов до нормативных величин; нормализация светового климата и метеорологический условий в помещениях; эффективная вентиляция производственных помещений и др.).

4. Расширение экономических способов воздействия на травматизм и аварийность (стимулирование работы без травм и аварий; компенсация ущерба, причинённого, например, населению производственной аварией из фондов предприятия и др.).

5. Прогнозирование проявления опасностей и условий, при которых они могут воздействовать на работников.

Несчастные случаи могут быть определены как незапланированные происшествия, приводящие к травмам, гибели людей, потере продукции, повреждению имущества. Без понимания причин возникновения несчастных случаев предотвратить их крайне трудно.

В свое время (1931 г.) В.Х. Хайнрих (Heinrich), создатель так называемой теории «домино», 88 % всех несчастных случаев вызваны неправильными действиями персонала, и только 10 % ненадежностью оборудования и 2 % «форс-мажорными» обстоятельствами. Он предложил «пяти-факторную последовательность» возникновения несчастного случая, в которой каждый фактор приводит в действие последующий, подобно падению поставленных в ряд костяшек домино [3]:

- 1 - происхождение и социальные условия;
- 2 - ошибка рабочего;
- 3 - неправильные действия в совокупности с механической и физической опасностью;
- 4 - несчастный случай;
- 5 - повреждения или травмы.

Он предположил, что исключение одного из факторов предотвратит несчастный случай и вызываемую им травму, как удаление одной из костяшек домино из ряда может остановить их падение. При этом ключевым фактором данной последовательности является фактор номер 3. Природа человеческого участия в несчастных случаях различается по своему характеру, временным характеристикам и по значимости в структуре причин несчастных случаев. Чаще всего человеческий фактор, в форме ограниченного числа существовавших ранее

несовершенных производственных систем, порождает основные причины несчастных случаев со смертельным исходом. Данные причины объединяются с последующими техническими ошибками и промахами или неблагоприятными условиями окружающей среды и приводят в результате к несчастному случаю

### Список литературы

1. Белов С.В. *Безопасность жизнедеятельности* / С.В. Белов, А.В. Ильницкая [и др.]. – М., 2004. – 348 с.
2. Гареев Л.Г. *Охрана труда* / Л.Г. Гареев. – М., ЮНИТИ, 2007. – 301 с.
3. Малыгин В.С. *Требования к охране труда на предприятии* / В.С. Малыгин. – М.: ЮНИТИ, 2008. – 241 с.

## ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

А.А. Маслова, В.И. Афанасьева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В данной статье рассматривается проблема травматизма и аварийности на производстве, их причины, профилактика и расследование.

Травма (от греч. *trauma* – ранение, повреждение) – нарушение анатомической целостности или физиологических функций тканей и органов человека, вызванное внезапным внешним воздействием.

В производственных условиях травмы являются следствием внезапного воздействия на работника какого-либо опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей.

Ситуация, связанная с получением работником травмы, называется несчастным случаем.

В соответствии с видом воздействия травмы подразделяют на механические (ушибы, раны, переломы и др.), тепловые (ожоги, обморожения, тепловые удары), химические (химические ожоги, острое отравление, удушье), электрические (все виды травм, обусловленные действием электрического тока), комбинированные и др.

В зависимости от тяжести последствий травмы подразделяются на лёгкие (по выздоровлении трудоспособность работника восстанавливается полностью), тяжёлые (по выздоровлении трудоспособность работника восстанавливается не полностью), смертельные.

Совокупность травм за определённый промежуток времени на одном или группе производственных объектов называется производственным травматизмом.

Авария (от итал. *avaria* – повреждение, ущерб) – разрушительное высвобождение энергозапаса промышленного предприятия, при котором сырьё,

промежуточные продукты, продукция и отходы производства, установленное на промышленной площадке технологическое оборудование, вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для населения, персонала, окружающей природной среды и самого предприятия.

Любой аварии на производстве обычно предшествуют один или несколько инцидентов.

Инцидент (от лат. *incidens* – случай, происшествие, недоразумение, столкновение) – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на производственном объекте, отклонение от технологического регламента параметров протекающих процессов, нарушение положений нормативных правовых актов, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на объекте. [1]

Совокупность аварий за определённый промежуток времени на одном или группе производственных объектов называется производственной аварийностью.

Причины производственного травматизма и аварийности можно разделить на 4 основные группы: организационные; технические; санитарно-гигиенические; личностные. Рассмотрим каждую из групп причин в отдельности. [2]

Организационные причины: несоответствующая условиям труда продолжительность рабочей смены; отсутствие или несоответствие трудовому ритму перерывов в работе; неудовлетворительное обучение и аттестация работников по знаниям безопасных приёмов работы и др. производственных факторов; формальное проведение инструктажей работников по вопросам производственной безопасности; отсутствие или неудовлетворительное состояние информационно-справочного материала об опасных и вредных производственных факторах на рабочих местах; отсутствие или неудовлетворительное состояние нормативной документации; отсутствие планов ликвидации аварийных ситуаций; отсутствие или нарушение эргономических требований безопасности труда и др.

Технические причины: неудовлетворительное состояние электрохозяйства; наличие открытых движущихся частей технологического оборудования; неудовлетворительное состояние защитных ограждений и экранов; отсутствие или неудовлетворительное состояние предохранительных устройств и блокировок и др.

Санитарно-гигиенические причины: наличие в воздухе рабочей зоны токсических веществ и пыли с концентрациями выше ПДК; отклонение параметров микроклимата помещений от допустимых значений; превышение нормативных параметров шума, вибрации, неионизирующих электромагнитных и ионизирующих излучений; неудовлетворительное состояние светового климата; превышение нормативных показателей тяжести и напряжённости трудового процесса; отсутствие или неудовлетворительное состояние средств индивидуальной защиты; отсутствие или неудовлетворительное состояние вентиляции помещений и др.

Личностные причины: профессиональная некомпетентность; отсутствие опыта работы на данном рабочем месте; эмоциональная неустойчивость; слабая воля; низкая способность к самоуправлению; рассеянность; невнимательность; низкое чувство ответственности; недисциплинированность; склонность к аффективным состояниям и др.

Мероприятия по профилактике производственного травматизма действительно необходимы, потому что даже самые квалифицированные сотрудники не всегда понимают, какой опасности могут подвергаться, если не соблюдать правила безопасности. Чтобы исключить возможность получения заболевания, стоит понимать, что травматизм – это не случайность, а чаще всего неорганизованность рабочего процесса или халатность сотрудников.

Сотрудники службы безопасности должны отвечать за организацию мероприятий профилактики. Список последовательных этапов:

Анализ и выявление опасных ситуаций.

- Регулярная фиксация нарушений.
- Проведение инструктажа с работниками производства.
- Устранение причин возможного травматизма.
- Проведение разъяснительных работ.
- Проверка условий труда.
- Применение мер административного и материального воздействия.
- Обучение работников.
- Повышение квалификации сотрудников.
- Обучение работников распознавать признаки опасных ситуаций.

Не всегда профилактика помогает избежать несчастные случаи на производстве.

С целью установления причин производственного травматизма и аварийности каждый несчастный случай, авария и инцидент на промышленных предприятиях России обязательно расследуются. Расследование несчастных случаев на производстве проводится в соответствии с требованиями, изложенными в Трудовом кодексе РФ (ст. 227...231) и «Положении об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях». Техническое расследование причин аварий и инцидентов проводится в соответствии с требованиями, изложенными в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (№ 116-ФЗ) и «Положении о порядке технического расследования причин аварий на опасных производственных объектах» (РД 03-293-99). [3]

### Список литературы

1. Шкрабак В.С. Охрана труда / В.С. Шкрабак, Г.К. Казлаускас. – М.: Агропромиздат, 1989. – 480 с.
2. Дудко М.Н. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебник / М.Н. Дудко, Н.И. Локтионов, В.И. Юртушкин [и др.] // ГУУ. – М., 2000. – 315 с.
3. [https://studbooks.net/1386008/bzhd/proizvodstvennyu\\_travmatizm\\_avariynost](https://studbooks.net/1386008/bzhd/proizvodstvennyu_travmatizm_avariynost)

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ И МЕТОДЫ ЕГО ОЦЕНКИ

Н.С. Шарендо, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

***Аннотация.** В статье приведен анализ производственного травматизма и методы его оценки. Рассмотрены виды травм, их причины и профилактика. Приведен алгоритм в случае производственного травматизма и трехступенчатая система контроля.*

Производственной травмой называют механическое повреждение, которое получено на предприятии или связано с исполнением трудовых обязанностей.

По виду травмирующего фактора:

- механические – связанные с механическим воздействием какого-либо предмета;
- термические (ожоги, переохлаждения). Химические (химические ожоги, отравления);
- электрические (удар электротоком);
- комбинированные – когда несколько факторов воздействуют одновременно.

По числу пострадавших:

- одиночные;
- групповые.

По тяжести повреждения:

- легкие;
- тяжелые;
- летальные.

Для начала разберемся с основными причинами, по которым возникают производственные травмы. Это поможет понять, что такое производственный травматизм.

Все причины можно выделить в несколько категорий [1-2]:

- технические причины производственного травматизма. Например, неисправность в оборудовании, которая не была вовремя устранена;
- организационные причины: отсутствие обучения персонала, ошибки, допущенные при обучении, отсутствие четких инструкций. Работники не всегда владеют информацией об особенностях того или иного оборудования, не всегда используют инструменты по прямому назначению;
- санитарно-гигиенические причины: плохой микроклимат, высокий уровень шума, повышенное содержание вредных веществ;
- психологические причины: усталость, неготовность к выполнению определенной работы;
- субъективные причины: невнимательность, пьянство, целенаправленное невыполнение инструкций.

Чтобы не допустить производственного травматизма, работодателю имеет смысл проводить несколько мероприятий:

- проводить своевременную оценку рабочего места. Она может проводиться как своими силами, так и с привлечением независимых организаций. С помощью оценки условий труда можно выявить опасные участки и принять меры согласно разработанным рекомендациям.

- если численность сотрудников превышает 50 человек, имеет смысл ввести в штат должностную единицу специалиста по охране труда. В больших компаниях для этого создается отдельная служба.

- каждый сотрудник, занятый на опасном участке работы, должен быть оснащен средствами индивидуальной защиты согласно требованиям СНиП и ГОСТ. При необходимости ему выдается также специальная одежда и обувь.

- необходимо проводить медосмотры. Периодичность зависит от должности сотрудника и требований законодательства. К примеру, водители обязаны проходить предрейсовые медосмотры, что позволяет значительно сократить количество дорожно-транспортных происшествий.

- проведение инструктажей. Здесь также все зависит от должностей. Основанием для проведения инструктажа может быть, как действующее законодательство, так и внутренние акты компании.

Существует стандартный алгоритм действий в случае производственной травмы.

1. Уведомление работодателя. Если работник в состоянии, это можно сделать самостоятельно. Если нет – с помощью других лиц, например, свидетелей.

2. Работодатель оказывает первую медицинскую помощь, при необходимости обеспечивает транспортировку в больницу. После этого отправляется сообщение в фонд страхования и составляется акт о несчастном случае.

3. Создается комиссия. В ее составе должен быть представитель профсоюза, который действует на предприятии. Стандартная комиссия состоит из трех человек, назначаемых приказом директора. В процессе работы устанавливается вина работодателя и работника, проводятся экспертизы, опросы пострадавшего, свидетелей.

4. Если полученная травма относится к разряду легких, на составление акта отводится 3 дня. Если травма имеет иную степень тяжести, ее расследование может занять до 15 дней. На основании данных, изложенных в акте, работодатель принимает решение, выплачивать ли выплаты по нетрудоспособности или не выплачивать. Согласно закону, он может решать в течение 10 дней.

5. Если виновником признан работник, однако он с этим не согласен, решение комиссии может быть оспорено в судебном порядке [3].

Один из способов избежать производственного травматизма – ввести трехступенчатую систему контроля [4].

Ежедневный. Руководитель участка контролирует состояние и готовность рабочих мест в рамках своего участка. В течение рабочего дня он отслеживает

соблюдение технологических процессов и техники безопасности, правильность использования оборудования.

Ежемесячный. Раз в месяц проверка осуществляется руководителем подразделения с участием соответствующих специалистов. Проверяется исполнение всех нормативных актов, технологических норм. Ежеквартальный.

Ежеквартальная проверка проводится руководителем предприятия. Составляется комиссия и проверяются все структурные подразделения. Оценивается техническое состояние оборудования, зданий, проверяется исправление ранее выявленных нарушений. Комиссия проверяет и проведение инструктажей, знания сотрудников и многое другое – по желанию руководства.

### Список литературы

1. ГОСТ 12.0.002-2014 Термины и определения URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200125989>;

2. ГОСТ 12.0.230.1-2015 Системы управления охраной труда URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136073>;

3. Бердник А.Г. Производственная безопасность и охрана труда [Текст]: учеб. пособие / А.Г. Бердник, М.В. Каплина, Т.В. Грунковой. – Ухта: УГТУ, 2018. – 167 с.

4. Жмыхов И.Н. Охрана труда: учебник / И.Н. Жмыхов, В.Н. Цап – Минск: Выш. шк., 2010. – 481 с.

## УСТАНОВЛЕНИЕ НАДБАВКИ ЗА ВРЕДНЫЕ УСЛОВИЯ ТРУДА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРЩИКА

Н.С. Шарендо, Н.Н. Афанасьева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В данной статье рассматривается порядок установления надбавки за вредные условия труда на примере электрогазосварщика. Приведен пример расчета надбавки для работника ПАО «НПО «Стрела».

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам составляет 4 процента тарифной ставки или оклада, установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Конкретные размеры повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном ст. 372 ТК РФ для принятия локальных нормативных актов, либо коллективным договором, трудовым договором [1].

В законодательстве нет единого списка профессий с вредными и опасными условиями труда. Для гарантий и компенсации по трудовому кодексу ориентируются не на перечни, а на результаты СОУТ – специальной оценки условий труда.

Специальная оценка условий труда проводится не реже одного раза в пять лет в отношении всех рабочих мест сотрудников. Кроме того, проводить оценку дополнительно вне плана необходимо при вводе в эксплуатацию вновь организованных рабочих мест, при получении соответствующего предписания трудовой инспекции, при радикальных изменениях условий труда, после несчастного случая на производстве или при выявленном профзаболевании, а также при поступлении соответствующего мотивированного предложения от профсоюза [2].

Фактор наличия вредных условий труда считается действующим до проведения следующей спецоценки. Доплата работникам будет производиться в те периоды, когда рабочее место аттестовано с соответствующим «опасным» статусом.

Также перечни профессий с вредными условиями труда есть в нормативных актах, которые связаны с назначением пенсии. В Постановлении Правительства РФ от 16.07.2014 № 665 утверждены списки, в которых перечислены работы с особо вредными и тяжелыми условиями труда. Занятость в них дает право на пенсию на льготных условиях с оговорками по закону «О страховых пенсиях» [3].

По результатам проведенной спецоценки рабочих мест в ПАО НПО «Стрела» (г. Тула) условия труда электрогазосварщиков были признаны вредными, так как они выполняют работы по дуговой и газовой сварке металла и металлических изделий. Поэтому на предприятии были оформлены соответствующие документы об установлении 6-ти процентной надбавки для данных работников.

Работник Иванов И.И. работает электрогазисварщиком на предприятии с окладом 34 тыс. рублей [4].

Минимальный размер доплаты за вредные условия труда должен составлять:  $34000 \times 4 \% = 1360$  руб.

Работодатель ПАО НПО «Стрела» назначил работникам с вредными условиями труда надбавку в размере 6 % от оклада, поэтому сумма надбавки составит:  $34000 \times 6 \% = 2040$  руб.

Заработная плата Иванова И.И. вместе с надбавкой составит 36040 рубля.

Установленную доплату прибавляют к ежемесячной оплате труда и вносят получившуюся сумму в трудовой договор каждого конкретного работника. В результате работник получает доплату автоматически вместе с ежемесячной зарплатой [5].

Если работник не получает положенные компенсации, то предприятие несет за это ответственность. Сотрудники в этом случае вправе отказаться от нахождения во «вредной» зоне в качестве соцзащиты. Такие действия допустимо предпринимать после 15 суток задержки и до момента выплаты. Также

сотрудники имеют право не приходить на работу, предварительно уведомив о причинах работодателя.

Организация привлекается:

- к материальной ответственности и выплачивает всю сумму за период с учетом процента доплаты за вредные условия труда за каждые сутки задержки на основе ставки Центробанка;

- к административной ответственности с вынесением предупреждения или наложением штрафа;

- возможна уголовная ответственность для руководителя в виде финансовых санкций и запрета на выполнение должностных обязанностей, назначение исправительных работ или лишение свободы [1].

Таким образом, дополнительный процент за работу во вредных условиях труда - это своеобразная компенсация за вредность, потенциально возможное нанесение ущерба здоровью работника. Такой человек нуждается в особых льготах, которые работодатель обязан предоставлять для каждого рабочего места.

### Список литературы

1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021).

2. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

3. Постановление Правительства РФ от 16.07.2014 № 665 «О списках работ, производств, профессий, должностей, специальностей и учреждений (организаций), с учетом которых досрочно назначается страховая пенсия по старости, и правилах исчисления периодов работы (деятельности), дающей право на досрочное пенсионное обеспечение».

4. Электронный справочник «Зарплата '2021».

5. Лапинова О.А. Оплата труда в организации: учебник и практикум для среднего профессионального образования / О.А. Лапинова [и др.]; под общей редакцией О.А. Лапиновой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 330 с.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

## СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ АВИАЦИОННЫХ ГТД

А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>, А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>,  
Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,

К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, И.А. Шматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** В статье рассматриваются теоретические предпосылки к созданию эффективной системы экспресс-диагностики технического состояния авиационных двигателей.*

Перевод эксплуатации авиационных ГТД на эксплуатацию по техническому состоянию предполагает диагностирование состояния ГТД без демонтажа в процессе использования. Количества измеряемых штатных параметров недостаточно для эффективной чувствительной диагностики состояния ГТД, а установка дополнительных датчиков проблематична, в связи с ограничением веса самолета и необходимых доработок. Наиболее эффективным в условиях эксплуатации является диагностирование по параметрам реактивной струи, измеренным на срезе сопла двигателя. Для ее изучения и для объективной оценки технического состояния ГТД по газодинамическим и акустическим характеристикам реактивной струи (потока) на срезе сопла, необходимо иметь доступ к максимально возможному количеству точек измерения на площади среза сопла. Для этих целей разработан мобильный автоматизированный диагностический комплекс (АДК) Пилон [3]. АДК Пилон предназначен для контроля и диагностики технического состояния газотурбинных двигателей, установленных на самолете, в условиях аэродромного базирования по газодинамическим и акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя. Он позволяет автоматически измерять поля термогазодинамических и акустических параметров в любой точке плоскости среза сопла, тягу и расход газа авиационных ГТД с любой формой сопла и размером не более 1040 мм на любом режиме в условиях аэродромного базирования.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашины / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов – Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.

4. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.

5. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА И ЛЕСО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В АКУСТИЧЕСКИ АДАПТИВНОМ ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ПОТОКЕ**

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, И.А. Шматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** В статье рассматриваются результаты, заключающиеся в интенсификации процесса горения за счет поддержания оптимальных аэроакустических характеристик при сжигании различных видов твердого топлива, промышленных и хозяйственных отходов, а также улучшение экологических характеристик устройства.*

Данная работа относится к области энергетики, в частности к топкам шахтного типа для слоевого сжигания углеводородных твердых топлив, и может быть использовано в газификационных камерах для химической переработки хозяйственных отходов. Известны способы сжигания топлива и устройства их реализующие, в которых интенсификация процесса горения достигается за счет наложения акустических колебаний на поток воздуха, движущийся с постоянной скоростью через топку. Недостатком известного способа и устройства является низкая интенсивность горения различных видов твердого топлива, хозяйственных отходов и невозможность регулирования и поддержания интенсивного процесса горения различных их видов.

Предлагаемое может быть использовано в газификационных камерах для химической переработки хозяйственных отходов. Устройство для сжигания содержит шахту, колосниковые решетки, тяговую трубу. По варианту 1 шахта в нижнем входном сечении и в верхнем выходном сечении снабжена регулируемыми створками с исполнительными механизмами. Тяговая труба

снабжена на входе и на выходе участками с регулируемыми проходными сечениями за счет створок. Участки выполнены в виде осесимметричных патрубков, установленных внутри тяговой трубы с кольцевым зазором и с возможностью перемещения посредством исполнительных механизмов. На тяговой трубе и на перемещаемых участках выполнены ряды отверстий. На входе шахты установлен вентилятор, лопасти которого выполнены поворотными с возможностью установки во флюгерное положение. Дополнительно установлены турбулизаторы. На входе и на выходе шахты и на входе, и на выходе тяговой трубы установлены датчики скорости и температуры, сообщенные с исполнительными механизмами и с блоком управления. Изобретение позволяет интенсифицировать процесс горения, а также улучшить экологические характеристики устройства. Устройства для сжигания в пульсирующем потоке позволяют организовать процесс интенсивного сжигания любого твердого углеводородного топлива и любых по составу хозяйственных отходов за счет поддержания в зоне горения коэффициента избытка воздуха, близким к единице в широком диапазоне изменения режимных параметров, а также улучшить экологические характеристики устройства за счет повышения полноты сгорания и снижения выхода токсичных веществ в атмосферу, а также за счет направленного выброса продуктов сгорания.

### Список литературы

1. *Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.*
2. *Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.*
3. *Lc-fbg-based microwave photonic system for refractometric biosensors / Stepustchenko O.A., Eshpay R.A., Kurbiyev I.U., Proskuriakov A.D., Kadushkin V.V. В сборнике: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020. – 2020. – С. 9166079.*
4. *Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашин / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов. – Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.*
5. *Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.*
6. *Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.*

## СИСТЕМА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ СРЕД

А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>, А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>,  
Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>, К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>,  
И.А. Шматов<sup>1</sup>, В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** В статье рассматриваются достоинства – это совместимость с волоконно-оптическими системами сбора, передачи и обработки акустической информации.*

Совершенствование параметров элементов волоконной оптики и в частности волокон с малыми оптическими потерями для волоконно-оптических линий (ВОЛС) позволило расширить возможности их применения в технике измерения неэлектрических величин.

При использовании коротких катушечных датчиков получается антенна с управляемой характеристикой направленности. Разработанные в последнее время (АОП) акустооптические преобразователи представляют собой новый класс акустических приемников. Квазимонохроматическую световую волну достаточно описать тремя параметрами: фазой, интенсивностью и состоянием поляризации. Применяемые в нашем случае АОП это амплитудные в которых регистрируется амплитуда под действием акустического давления. Наиболее важной характеристикой является чувствительность, равная величине напряжения на выходе фотоприемника АОП при воздействии единичного давления (выражается в дБ относительно 1 В/мкПа) и минимальное регистрируемое (пороговое) давление, при котором напряжение выходного сигнала равно среднеквадратичному напряжению внутренних шумов АОП в полосе частот 1Гц. В связи с развитием фазовых методов регистрации звука были взяты т с целью использования их для создания системы для контроля акустических шумов (в качестве датчиков давления). Фотоприемник регистрирует сигнал, возникающий в результате интерференции световых пучков. Величина сдвига фаз, индуцированного акустическим давлением, определяется изменением трех параметров световода: 1) диаметра световода; 2) диэлектрической проницаемости материала световода; 3) длины световода (удлинение при радиальном сжатии и укорочении – при радиальном растяжении).

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД

по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. *Lc-fbg-based microwave photonic system for refractometric biosensors* / Stepustchenko O.A., Eshpay R.A., Kurbiiev I.U., Proskuriakov A.D., Kadushkin V.V. В сборнике: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020. – 2020. – С. 9166079.

4. Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашин / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.

5. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.

6. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## КОМПЛЕКСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ СРЕД

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, И.А. Шматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

**Аннотация.** По отклонению уровней звукового давления по частотам от эталонных определяют наличие характерных или неопределенных дефектов, а по положению точки дальнего фокуса, положение турбулентных следов дефектов в потоке, а значит и самих дефектов в определенном секторе проточной части двигателя.

Акустически возбуждаемая диафрагма вызывает перемещение дифракционной решетки. Это вызывает модуляцию света, проходящего через ВС. Датчики такого типа не требуют точной юстировки. Порог обнаружения составляет ~50дБ при акустическом давлении 1 мкПа. В котором аэроакустическая антенна выполнена на основе пассивной (неподвижной) системы распределенных волоконно-оптических датчиков (ВОД). Такая антенна может по акустическим, а в случае использования мультиплексированных датчиков и по газодинамическим параметрам выявлять неисправности ГТД на ранней стадии их зарождения. Технический результат достигается за счет эффекта сканирования площади выходного сопла для авиационных двигателей использующихся на газоперекачивающихся станциях (круглого,

прямоугольного и т.п.) путем размещения системы волоконно-оптических датчиков обладающих высокой чувствительностью для более точного диагностирования по секторам и по окружности (для круглого сопла) и для прямоугольного сканирования соответственно (прямоугольного сопла) путем измерения уровней звукового давления в отдельных точках, не менее пяти раз в каждой точке, выхлопного потока. Технический эффект достигается за счет диагностирования энергетической установки на режиме холодной прокрутки, в процессе измерения более точно выявлять изменения аэроакустических характеристик вращающихся узлов энергетической установки. Сущность предлагаемого способа заключается в следующем. Уровни звукового давления замеряют как в отдельных локальных точках реактивной струи, так и по всей площади среза сопла. Для этого используют замкнутую систему из волоконно-оптических датчиков (дифракционную решетку) которые способны вырабатывать сигналы о динамическом изменении своей конфигурации под действием акустических шумов реактивной струи энергетической установки.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.

4. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ АЭРОАКУСТИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, И.А. Шматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

**Аннотация.** Достоинство – это совместимость с волоконно-оптическими системами сбора, передачи и обработки акустической информации.

Для повышения безопасности эксплуатации авиационной техники (АТ) используются всевозможные способы и методы контроля, но необходимо выявить наиболее простой и в то же время надежный и информативный подход который направит весь комплекс сопутствующих проблем при эксплуатации различных узлов АТ по правильному пути. Поэтому для контроля состояния рабочих лопаток проточной части турбомашин целесообразно использовать методы, обладающие максимальной информативностью, дополняющие и уточняющие друг друга. Многообразие методов объясняется тем, что ни один из них не позволяет учесть все требования, предъявляемые к формированию диагноза со 100 % достоверностью и детализацией, поскольку несут специфическую информацию разной ценности. В настоящее время дефекты рабочих лопаток проточной части турбомашин обнаруживаются в эксплуатации лишь при периодических осмотрах эндоскопами, хотя развитие дефекта от зарождения до почти полного выгорания одной или нескольких лопаток происходит за очень короткий промежуток времени – от нескольких минут до нескольких часов. Существующими средствами непрерывного контроля (датчиками вибрации или датчиками температуры за турбиной) данный дефект почти не определяется из-за его локальности и по причине того, что дефекты неподвижных частей ничтожно мало влияют на вибрационные характеристики двигателя в целом, тогда как дефекты в подвижных частях можно выявить и датчиками вибрации.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.
2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.
3. Lc-fbg-based microwave photonic system for refractometric biosensors / Stepustchenko O.A., Eshpay R.A., Kurbiev I.U., Proskuriakov A.D., Kadushkin V.V. В сборнике: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020. – 2020. – С. 9166079.
4. Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашин / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.
5. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.
6. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

# КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ С ПОМОЩЬЮ АЭРОАКУСТИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, В.Ю. Казаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** Достоинство – это совместимость с волоконно-оптическими системами сбора, передачи и обработки акустической информации.*

По данным различных источников на неисправности и отказы в АКБ приходится от 15 % до 25 % всех неисправностей от общего объема неисправностей технического устройства рисунок 2. Дефект – дефектность которая может быть обнаружена методами неразрушающего контроля и которая обязательно является недопустимой. Эксплуатационные дефекты АКБ возникают при следующих нарушениях: не осуществляется контроль за уровнем электролита и состоянием электрооборудования, а также дефекты, делают батарею практически непригодной к дальнейшему применению представленные в таблице 1 и 2 наиболее характерные дефекты АКБ. Можно отметить, что исключение составляет только оплывание активной массы электродов, да и то лишь в начальной стадии эксплуатации. Значительное образование шлама (оплывшей активной массы) приводит к оголению решеток пластин и потере работоспособности АКБ при включении стартера. Основными задачами контроля являются:

- контроль технического состояния;
- поиск места и определение причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.

Под контролем технического состояния понимается проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени

## Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // *Контроль. Диагностика.* – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // *Контроль. Диагностика.* – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. *Lc-fbg-based microwave photonic system for refractometric biosensors / Stepustchenko O.A., Eshpay R.A., Kurbiev I.U., Proskuriakov A.D., Kadushkin V.V. В сборнике: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020. – 2020. – С. 9166079..*

4. *Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашинны / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.*

5. *Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.*

6. *Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.*

## **ЕДИНОЕ ПОЛЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВОД, КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ АЭРОАКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГТД**

А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>, А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>,

Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,

К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, А.В. Жукова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** В статье рассматривается комплексный подход к развитию аэроакустических методов диагностики проточной части авиационных газотурбинных двигателей на основе использования пассивных волоконно-оптических и локационных технологий.*

Бурное развитие транспорта и в первую очередь авиационного с его высоким уровнем энерговооруженности поставило ряд серьезных проблем. Одна из них повышение безопасности полетов является приоритетным направлением развития науки и техники России. Единое поле распределенных ВОД, как инструмент развития аэроакустических измерений. В рассмотренных условиях необходимо решение задач внедрения комплексированных (распределенных и мультиплексированных) ВОД и создания их единого поля для улучшения качества контроля параметров безопасности двигателей (напряжений, температур, скоростей, прочности и т.д.). Под единым полем комплексированных датчиков для аэроакустических измерений будем понимать множество ВОД, расположенных на некотором расстоянии параллельно плоскости среза сопла, позволяющих получать с одного датчика информацию об одном или нескольких физических процессах и соединенных в общую

волоконно-оптическую сеть передачи и обработки информации, управления и синхронизации [2].

С одной стороны, перспективность создания единого поля комплексированных датчиков определяется свойствами созданных одномодовых ВОД, их универсальной чувствительностью к воздействию различных физических полей: механических, температурных, акустических и др. С другой стороны, возможностями многомодовых волокон в связных системах, их устойчивостью к воздействию внешних помех и стабильностью к изменению условий эксплуатации. И, наконец, особо следует выделить наличие широкого круга волоконно-оптических устройств обработки и преобразования информации, которые позволят объединить отдельные элементы единого поля и их информационные потоки в единую измерительную и управляющую сеть.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашин / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.

4. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.

5. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## ПРИНЦИПЫ ПАССИВНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛОКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ПО ЕДИНОМУ ПОЛЮ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГТД

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, А.В. Жукова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

**Аннотация.** Волоконная сеть позволит получить гораздо более детальную информацию о характере исследуемого поля, чем набор микрофонов, или отдельных ВОД.

Для восстановления акустического поля ГТД по данным измерений на выходе ВОД используем принципы пассивной пространственной радиолокации [4]. В предположении идеальной пространственной когерентности сигналы, принимаемые разнесенными  $K$  приемниками и соответствующие одному источнику излучения, будут, по всей видимости, полностью коррелированными. На некоторой заданной частоте совокупность этих сигналов можно представить с помощью  $K$  – мерного вектора обозначаемого  $u$ , где  $\alpha$  – комплексная амплитуда для рассматриваемой решетки, а  $u$  – единичный комплексный вектор, называемый направляющим вектором. При заданной конфигурации приемной решетки направляющий вектор  $u$  является функцией местоположения (т.е. координат) источника дефекта, характеризуемого параметром локации  $\phi$ . Функция  $u(\phi)$  определяет, так называемую, модель распространения для данного исследования, представленную следующим образом:

$$u(\phi) = \frac{1}{\sqrt{K}} [e^{jk\phi}]_{k \times 1} \quad k \in [0, k-1] \quad (1)$$

Модель описывает плоскую волну, падающую на линейную решетку эквидистантных приемников (датчиков); Из-за случайных изменений сигналов, обусловленных перемещениями источников (вращением) и флуктуациями характеристик среды распространения (в меньшей степени), комплексные скалярные величины обычно рассматриваются как случайные переменные. В монохроматическом случае эти переменные имеют нулевое среднее значение; их дисперсии характеризуют интенсивности излучения источников.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.
2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.
3. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.
4. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## ВОПРОСЫ БЖД ПРИ КОНТРОЛЕ АВИАЦИОННЫХ ГТД

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, А.В. Жукова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** В процессе взаимодействия человека со средой обитания налицо сложная многоуровневая система «человек-среда обитания-машина-Двигатель», каждый уровень которой несет свои опасные и вредные факторы.*

Взаимодействие человека с исследуемым объектом предполагает разработку метода эффективной и безопасной диагностики для контроля технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок (ЭУ) в условиях аэродромного базирования [1,2,3]. Объектом контроля может быть любой ГТД и ЭУ, с произвольной формой и размером сопла, установленный на летательном аппарате. Суть метода заключается в сравнительном анализе полей газодинамических характеристик выхлопной струи, измеренных на срезе выходного устройства, эталонного и диагностируемого изделия. Эталонные параметры измеряются и заносятся в паспортную дискету при выходе ГТД с завода-изготовителя или после переборки с ремонтного предприятия. В период эксплуатации параметры должны измеряться через определенное число часов наработки изделия и заносятся на дискету в качестве текущих параметров, которые должны обновляться после каждого испытания. После второго цикла испытаний в паспорте должны быть указаны тренды параметров. На каждом режиме измеряются параметры, характеризующие состояние газа на срезе сопла: температура; статическое давление; динамический напор. Данные параметры измеряются на площади среза устройства с помощью измерительного пилона, который может перемещаться в плоскости среза сопла по любой заданной траектории. В каждой точке измерения вычисляются следующие характеристики, по которым производится диагностирование: расход воздуха, скорость газа, тяга, окружная и радиальная неравномерности характеристик скорости и температуры, пульсации давлений, а также акустические характеристики выхлопной струи.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // *Контроль. Диагностика.* – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // *Контроль. Диагностика.* – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.

4. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ БЖД ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ТУРБОМАШИН

В.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, А.Ю. Виноградов<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,  
К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, А.В. Жукова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> СШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы безопасности жизнедеятельности. В процессе испытаний авиационной техники (отказы) могут стать причиной возникновения и развития ЧС как антропогенного, так и природного характера.

В основу теоретических вопросов БЖД положена аксиома, что любое взаимодействие человека со средой обитания потенциально опасно. Ее справедливость можно проследить на всех этапах развития системы «человек-среда обитания». Так, на ранних стадиях своего развития, когда отсутствовали технические средства, человек испытывал значительные воздействия опасных и вредных факторов естественного происхождения (например, повышенная и пониженная температура воздуха, атмосферные осадки, грозовые разряды, контакты с дикими животными и т.п.). Сейчас, (система «человек-техносфера») к естественным прибавились многочисленные факторы антропогенного происхождения (например, шум, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, водоемах и почве, ионизирующие излучения, электромагнитное поле и др.). Эта аксиома также предопределяет, что все действия человека и все компоненты среды обитания, кроме позитивных свойств и результатов обладают способностью генерировать опасные и вредные факторы. При этом любое позитивное действие неизбежно сопровождается возникновением новой потенциальной опасности или даже группы опасностей (например, при применении электрической, атомной или лазерной энергий; автомобилей, тепловозов и самолетов). В результате взаимодействия человека со средой обитания наблюдаются: 1) рост числа травмируемых и погибших, как на производстве, так и в быту; 2) сокращение продолжительности жизни, особенно среди мужчин; 3) возрастание материального ущерба, как на производства, так и в быту и (или) ПС. Хозяйственная деятельность человека также связана с получением огромных отходов (в Россия и развивающихся странах из 40 кг

сырья только 10 кг превращаются в полезную продукцию), которые загрязняют атмосферу, гидросферу и литосферу, что, конечно, нарушает устойчивое развитие как природных, так и искусственных экосистем.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.

2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.

3. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.

4. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ

Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>, Р.Р. Самигуллин<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, И.И. Юсупов<sup>1</sup>,

К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>, И.А. Шматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>2</sup> ШОР «Атлетика» г. Казань

<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам, связанным с математическим моделированием тягового электропривода для электроболида. Сформулированы требования к имитационной компьютерной модели.

В современном мире становится все сложнее представить какую-либо отрасль производства без участия в ней компьютеров [1-9]. Мощные вычислительные машины участвуют не только в процессе управления производственными процессами, но и на стадии проектирования различных приборов и устройств, симулирования и исследования самих процессов в недрах компьютерной техники. В свете вышесказанного, роль математического моделирования нельзя переоценить. Математическое моделирование считается ничем иным, как третьим путем (методом) познания, наряду с диалектическим и метафизическим методами. Технический прогресс достиг того уровня, в котором практически любой объект можно представить в виде математической модели, чтобы исследовать его значимые характеристики. Математическое

моделирование – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов. В настоящее время математическое моделирование – это один из самых результативных и наиболее часто применяемых методов научного исследования. Фактически все современные разделы физики посвящены построению и исследованию математических моделей различных физических объектов и явлений [1]. Анализ известных конструкций электромобилей в целом и электроболоидов, как частного их вида, позволяет сделать вывод о составе его основных и вспомогательных функциональных компонентов. Однако для моделирования в среде Matlab/Simulink следует ограничиться теми компонентами, которые необходимы для достижения поставленной задачи. С учетом того, что необходимо провести серию испытаний разрабатываемой компьютерной модели с целью отладки и тестирования, требуется также создать модель трассы или дороги, по которой будет ездить электроболоид и модель водителя, который будет выполнять роль «регулирующего» для задания скорости и торможения. В библиотеке Matlab/Simulink можно найти множество блоков, которые представляют собой тот или иной компонент электромобиля в виде готовой модели.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.
2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.
3. Lc-fbg-based microwave photonic system for refractometric biosensors / Stepustchenko O.A., Eshpay R.A., Kurbiev I.U., Proskuriakov A.D., Kadushkin V.V. В сборнике: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020. – 2020. – С. 9166079.
4. Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашин / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.
5. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. 1999. № 4. С. 34-37.
6. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.
7. Кафедра математики физического факультета МГУ – URL:[http://math.phys.msu.ru/data/530/Glava\\_1.pdf](http://math.phys.msu.ru/data/530/Glava_1.pdf) (дата обращения: 30.04.2020).

8. Экспонента-SimulinkURL:<https://exponenta.ru/products/simulink#modelnoorientirovannoeoproektirovanie-ot-konceptii-k-kodu> (дата обращения: 30.04.2020).

9. R., Gibadullin A., Gubeidullina S Glushko, G Petrova. V. Vinogradov The dioxin regulation cri-teria in the agro-industrial complex of Russia. BIO Web Conf. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019) – 2020. – Vol. 17. – Article number: 00224.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗО-ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА ВХОДЕ ЭНЕРГОМАШИНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

А.А. Сайфуллин<sup>1</sup>, Р.Р. Самигуллин<sup>1</sup>, Н.В. Виноградова<sup>2</sup>, М.В. Виноградова<sup>3</sup>,  
И.И. Юсупов<sup>1</sup>, К.Р. Хуснетдинов<sup>1</sup>, А.Г. Горбунов<sup>1</sup>,  
И.А. Шматов<sup>1</sup>, Н.Л. Файзуллоев<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань  
<sup>2</sup> ШОР «Атлетика» г. Казань  
<sup>3</sup> КГАСУ, г. Казань

***Аннотация.** Настоящая статья посвящена моделированию газо-воздушного потока на срезе сопла энергомашины для сельского хозяйства на установившихся и неуставившегося режима работы, обозначена математическая модель, описывающая акустические процессы в проточной части энергомашины и пути их совершенствования для безопасности при эксплуатации.*

Как показали исследования, проведенные в обзорной статье, одним из эффективных путей улучшения метрологических характеристик и расширения функциональных возможностей акустического метода контроля параметров газового потока проточной части энергомашины, является объединение в совокупность, в единое аэроакустическое пространство всех под-методов задачи, которых многогранны [1-6].

Из решаемых при использовании такого объединения проблемы следует выделить проблему генерации звука потоком газа при малых числах Маха при контроле турбинных лопаток проточной части энергомашины используемой в сельском хозяйстве. Настоящая статья посвящена моделированию газо-воздушного потока на срезе сопла турбомшины для установившихся и неуставившегося режима работы, а также разработке и исследованию распределенных волоконных систем аэроакустического контроля параметров газо-воздушного потока на срезе сопла энергомашин. На практике контроль и измерение пространственных распределений акустических полей на основе

волоконно-оптических датчиков различной физической природы осуществляют путем регистрации сигналов от датчиков, размещаемых в совокупности точек контроля. Подобные системы контроля будем называть многоточечными, хотя они могут состоять и из одного датчика, перемещаемого по точкам контроля. Рассмотрим задачу размещения точек контроля и задачу восстановления пространственного распределения поля по измерениям по конечной совокупности точек в отдельности. Распределенные волоконно-оптические датчики, обеспечивают много преимуществ такие, как высокую чувствительность к изменению физических полей и нечувствительность к электромагнитной интерференции, возможность удалённого зондирования, низкая стоимость и размеры, также их можно использовать в агрессивных средах. Эти преимущества дают основания для применения оптического волокна при использовании его в качестве контролирующего датчика для аэроакустических измерений на выходе энергомашины.

### Список литературы

1. Виноградов В.Ю. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 12. – С. 45-50.
2. Виноградов В.Ю. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 3. – С. 53-57.
3. Lc-fbg-based microwave photonic system for refractometric biosensors / Stepustchenko O.A., Eshpay R.A., Kurbiiev I.U., Proskuriakov A.D., Kadushkin V.V. В сборнике: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO 2020. – 2020. – С. 9166079..
4. Виноградов В.Ю. Восстановление параметров акустических полей, измеренных волоконной многосенсорной системой, на срезе сопла турбомашин / В.Ю. Виноградов, В.И. Анфиногентов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2019. – Т. 22, № 4-2. – С. 145-150.
5. Виноградов В.Ю. Метод диагностики проточной части ГТД по акустическим характеристикам реактивной струи / В.Ю. Виноградов // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 4. – С. 34-37.
6. Виноградов В.Ю. Диагностика состояния газотурбинных двигателей в условиях аэродромного базирования / В.Ю. Виноградов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2000. – № 2. – С. 32-35.

## ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ БИОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Н.С. Воробьева  
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
г. Мытищи

*Аннотация.* Биоинформационные технологии находят все более широкое применение в различных сферах человеческой деятельности. Они имеют перспективы для использования в лесном хозяйстве и лесной экологии. Одним из базовых элементов биоинформационных технологий в лесном хозяйстве может быть использование баз данных дендрохронологической информации. В статье данный тезис рассматривается на примере экспериментальной идентификации места происхождения образцов древесины из Ялтуровского лесничества Тюменской области.

Биоинформационные технологии – относительно новое междисциплинарное направление сочетающие в себе биологию, информатику, статистический анализ и математическое моделирование [1]. Многие развитые и развивающиеся государства проявляют высокий интерес к технологиям, связанным с машинной обработкой и обучением моделей на медицинских данных для классификации, ранжирования и прогнозирования развития изучаемых явлений. Общая тенденция к цифровизации всех сфер жизни человеческого общества обуславливает актуальность формирования инновационных биоинформационных технологий, в том числе и в сфере лесной науки и практики. Экспоненциальный рост информации о лесных ресурсах, формирование баз больших данных, расширяющаяся доступность для измерения новых качественных и количественных характеристик лесных экосистем (ранее недоступных по причине больших затрат материально-трудовых ресурсов), потребность в информационно-ситуационном управлении лесными ресурсами, развитие концепции интернета вещей в разнообразных сферах человеческой деятельности требуют от современной лесной науки работы на опережение; прогнозирования потребностей лесоводства завтрашнего дня и обуславливают актуальность формирования кластера биоинформационных технологий. Как любое, действительно новое научное направление, биоинформационные технологии характеризуются тем, что результат исследований здесь невозможно предсказать до выполнения исследований. Поэтому единственно верным подходом в такой ситуации может быть только формирование программы исследований на принципах рекурсивной обработки информации (самообучаемости), когда получаемый результат каждого года исследований является накопленным опытом биоинформационной системы и может служить базой для некоторой корректировки программы исследований следующего года.

В лесном хозяйстве одним из перспективных направлений становления биоинформационных технологий может быть использование

дендрохронологической информации. Под дендрохронологической информацией можно понимается информация, полученная при изучении изменчивости годовых колец при условии знания года формирования каждого годового кольца. Подобного рода информация представляет ценность благодаря возможности ретроспективного получения масштабных баз данных о ходе роста деревьев и древостоев умеренных широт. Помимо непосредственных данных о росте древостоев динамика ширины годового кольца и производных, рассчитываемых на ее основе показателей, представляет ценность как индикатор хода физиологических процессов в организме дерева, либо в лесной экосистеме.

Одним из положительных примеров разработки биоинформационных технологий для нужд лесного хозяйства является технология идентификации места происхождения срубленной древесины на основе дендрохронологической информации [2, 3]. В основу технологии идентификации места происхождения древесины положен принцип: наибольший уровень сходства во временной изменчивости радиального прироста наблюдается между деревьями одной ценопопуляции, то есть деревьями одного вида, произрастающими в пределах однородного локального участка леса.

Проблема определения региона происхождения древесины имеет значение для организации контроля за ее перемещением на железнодорожных станциях и таможенных терминалах в целях организации добровольной сертификации. Разработанная по заданию Рослесхоза система по идентификации географического происхождения древесины на основе дендрохронологических данных, впервые была представлена в 2008 году и после ряда модификаций к 2011 г. превратилась в удобный инструмент анализа временных последовательностей. Программа создана в среде Oracle и была адаптирована для использования с Windows XP. В 2011 г. для наполнения данной системы дендрохронологическим материалом по заданию Рослесхоза (госконтракт Федерального агентства лесного хозяйства №Р-17К-10/7 от 13.08.2010 г.) был создан региональный банк древесно-кольцевых хронологий сосны обыкновенной. Были получены эталонные хронологии древостоев сосны из разных типов леса для таких регионов как: Иркутская, Курганская, Ленинградская, Нижегородская, Новгородская, Псковская, Новосибирская, Пензенская, Тюменская, Ульяновская области; Забайкальский и Красноярский край; республика Марий Эл, Мордовия, Татарстан, Башкортостан, Коми, Тыва. Всего банк включает 84 эталонных хронологий построенных на основе обработки 1680 кернов, отобранных с индивидуальных учетных деревьев. Проблема определения региона происхождения древесины имеет значение для организации контроля за ее перемещением на железнодорожных станциях и таможенных терминалах в целях организации добровольной сертификации. На основе созданного в 2011 году регионального банка хронологий нами были выполнены экспериментальные испытания частоты правильной идентификации региона происхождения древесины на примере образцов древесины сосны обыкновенной из Ялоторовского лесничества Тюменской области. Ранее в ходе исследований было установлено, что коэффициент корреляции

индексированных хронологий является более надежным индикатором места происхождения древесины, чем коэффициент синхронности [4]. Поэтому при поиске были заданы параметры, отраженные на рисунке.

Образец заполнения формы поиска при используемом алгоритме идентификации региона происхождения древесины

Принцип испытаний точности определения региона происхождения древесины заключался в следующем. Для каждой обобщенной для пробной площади хронологии рассчитывались коэффициенты корреляции со всеми эталонными хронологиями банка данных. Строился ранжированный ряд по величине коэффициента корреляции. Если максимальное значение в ряду демонстрировала хронология из того же региона, что и тестируемая то считали, что регион происхождения древесины идентифицирован правильно с точностью до 1 варианта. Если в пределах первых двух в ранжированном ряду значений коэффициентов корреляции присутствовала хронология из того же региона мы считали что идентификация проведена правильно с точностью до двух вариантов. Результаты выполненной идентификации приведены в таблице.

Успешность идентификации региона происхождения для хронологий из Тюменской области

Код хронологии	Успешность идентификации до одного варианта	Успешность идентификации до двух вариантов	Первое в ранжированном ряду значение коэффициента корреляции	Второе в ранжированном ряду значение коэффициента корреляции
тмпп1	да	да	0,544	0,519
тмпп2	да	да	0,654	0,544
тмпп3	да	да	0,654	0,646
тмпп4	да	да	0,733	0,609
тмпп5	да	да	0,733	0,510

Таким образом, на материале древесно-кольцевых хронологий из Ялтуровского лесничества Тюменской области наблюдается 100 % частота правильной идентификации. Значения первого в ряду коэффициента корреляции варьировали от 0,54 до 0,73.

Исходя из изложенного перспективным направлением может быть формирование Рослесхозом собственной уникальной системы добровольной лесной сертификации. В ее рамках может осуществляться независимый дендрохронологический аудит. Лесозаготовитель, заявляющий о легальности заготовки древесины и желаний получить соответствующий сертификат должен быть готов к проведению дендрохронологических экспертиз в цепочке своих поставок с целью проверки предоставленной информации. Технические возможности программного комплекса и биологически обусловленные закономерности изменчивости годичных колец это позволяют, что хорошо видно на примере насаждений Ялтуровского лесничества Тюменской области.

### Список литературы

1. Стефанин А.Л. Факторы развития биоинформационных технологий в республике Беларусь / А.Л. Стефанин // Сборник статей XXVIII Международной научно-практической конференции: в 2 ч. – Пенза: Наука и просвещение. – 2019. – С. 87-89.

2. Румянцев Д.Е. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике / Д.Е. Румянцев // Дисс. докт. биол. наук. – М.: МГУЛеса, 2011. – 354 с.

3. Пальчиков С.Б. Контроль за законностью заготовки древесины на основе древесно-кольцевой информации / С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев // Устойчивое лесопользование. – 2009. – № 2 (21). – С. 12-16.

4. Lipatkin V.A. Dendrochronological technology for identifying a place of timber origin / V.A. Lipatkin, D.E. Romyantsev // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – Т. 8, № 2. – С. 2089-2092.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.М. Панарин, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

**Аннотация.** Представлена модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения. В результате матричного исполнения обрабатываемого информационного потока информационно-измерительная и управляющая система мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона будет являться источником необходимой информации для экологически

*значимых управленческих решений, направленных на повышение качества атмосферного воздуха на различных уровнях управления.*

В настоящее время важное место отводится разработке и внедрению автоматизированных систем мониторинга загрязнения водных объектов и атмосферы для поддержки принятия управленческих решений, в том числе и с использованием нейронных сетей (ИНС) [1].

Искусственная нейронная сеть относится к группе статистических математических моделей. Стоит отметить, что возможности использования нейронных сетей различны. Они используются не только для обеспечения экологического мониторинга атмосферного воздуха и водных объектов, но и в других науках: экономике, медицине, промышленности и т.д. Возможность работать с переменными динамическими данными и их прогнозирование являются преимуществом такого метода.

Следует помнить, что мы не можем создать одну модель нейронной сети, которая будет одинаково хорошо работать для каждого загрязнителя и для каждого типа местности. Выбор его архитектуры включает число и тип нейронов, а выбор алгоритма обучения может существенно повлиять на его эффективность. Модели и архитектура нейронной сети должны изучаться индивидуально для каждого случая.

Мы фокусируемся на прогнозах концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов. Допустимый уровень этого загрязнителя часто превышает в крупных промышленных городах России.

Искусственная нейронная сеть учится путем сравнения входных и выходных данных, поэтому правильный выбор набора данных очень важен для построения модели нейронной сети. Стоит отметить, что должны использоваться только те входные данные, которые влияют на выходные данные. Внедрение входных данных, не связанных с прогнозируемыми данными модели, ухудшает работу сети. Набор входных данных, содержащий концентрации выбранных загрязнителей воздуха и метеорологических данных, обычно используется для прогнозирования уровня концентрации другого загрязнителя воздуха. Кроме того, мы можем использовать данные о выбросах загрязняющих воздух веществ в данной области и в потоке движения. Для создания модели нейронной сети мы можем использовать временные данные, среднечасовые или среднесуточные данные [1].

В этой статье для создания искусственной нейронной сети, которая предсказывает концентрацию взвешенных частиц тяжелых металлов, которая является основной причиной возникновения явления смога, мы использовали метеорологические данные и данные о концентрациях тяжелых металлов, которые измеряются на измерительных станциях. Среднесуточные концентрации в период с 1 января 2019 года по 31 декабря 2019 года, которые были зарегистрированы на трех измерительных станциях, действующих в Туле в рамках государственной программы мониторинга окружающей среды.

На станции возле ПАО «Тулачермет» оценивается уровень загрязнения. На второй станции ПАО «Косогорский металлургический завод» измеряется

уровень промышленных загрязнений. Станция по пр. Ленина г. Тула является фоновой станцией. Измерение взвешенных частиц тяжелых металлов выполняется автоматически.

Существуют измеренные уровни концентрации других загрязняющих воздух веществ, кроме взвешенных частиц тяжелых металлов, на вышеупомянутых измерительных станциях. Эти загрязняющие воздух вещества: оксид азота (NO<sub>2</sub>), оксид азота (NO<sub>4</sub>), оксид серы (SO<sub>4</sub>), оксид углерода (CO<sub>2</sub>), бензол, озон (измеренный на воздухе), свинец, кадмий, мышьяк, бензо(а)пирен (измеряемый в твердых частицах). Данные, собранные во время измерений, отображены на веб-сайте Росприроднадзора.

В наших исследованиях набор входных данных состоит из метеорологических данных (максимальная, минимальная и средняя температура, средняя скорость ветра, средняя температура предыдущего дня) и средние суточные концентрации твердых частиц предыдущего дня. Используемые модели нейронных сетей имеют одну прогнозируемую величину – это концентрация твердых частиц тяжелых металлов. Результаты показывают, что для всех экспериментов данные случайным образом разделяются на три отдельных подмножества: 75 % для подмножества обучения, 15 % для проверки и 15 % для тестирования. Различные типы нейронных сетевых архитектур были построены и испытаны, чтобы найти лучшую сеть для каждой измерительной станции. Во всех проверенных случаях, сети МСП с одним скрытым слоем достигли лучших результатов, чем РБФ сетей. Наилучшие результаты были достигнуты, когда сети МСП прошли обучение посредством алгоритма обратного распространения (ОР). Подробные результаты проведенных испытаний приведены в таблице.

Характеристики наилучших моделей нейронных сетей

Станция мониторинга	Тип ИНС (количество слоев/нейронов)	Алгоритм обучения	Коэффициент достоверности	Наибольшее расхождение результатов измерений и прогнозирования (мкг)
ПАО «Тулачермет»	МСП (6–13–1)	ОР	0.908	12.64
ПАО «КМЗ»	МСП (6–18–1)	ОР	0.921	9.92
Пр-т Ленина	МСП (6–15–1)	ОР	0.933	9.89

Во второй колонке лучшие ИНС с числом нейронов в трех слоях (в входной, скрытой и выходной). Из таблицы можно видеть, что использование алгоритма обратного распространения дает коэффициенты достоверности выше 0,9 для каждой станции. Наименьшая средняя абсолютная величина между настоящим (реальным) значением и спрогнозированным значением (для подмножества тестирования) составило 9,89 мкг для станции ПАО «КМЗ». Самый большой был равен 12,64 мкг для станции ПАО «Тулачермет».

Рисунки 1-3 иллюстрируют способность сети с многослойным персептроном для прогнозирования концентрации взвешенных частиц тяжелых

металлов. Синие линии показывают полученные значения концентраций, красные линии показывают спрогнозированные значения.

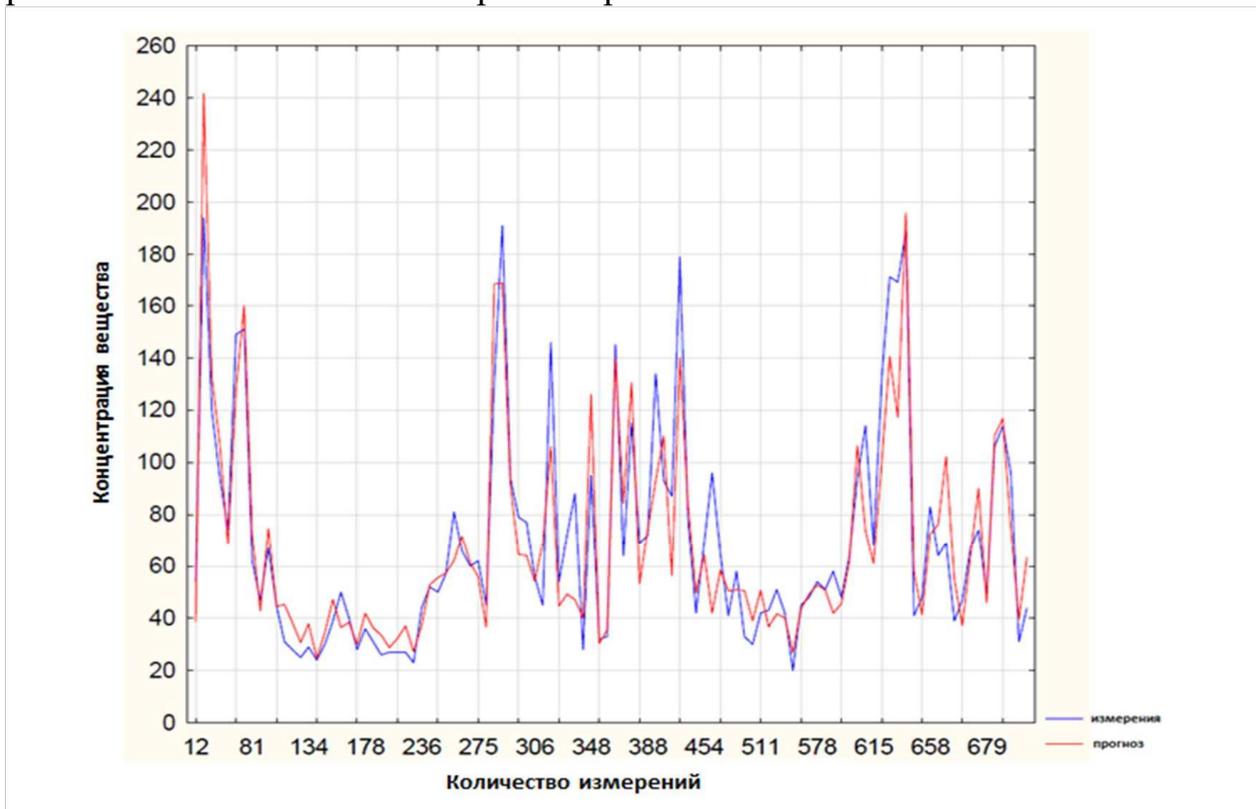


Рис.1. Измеренные и спрогнозированные посредством ИНС данные концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов на ПАО «Тулачермет»

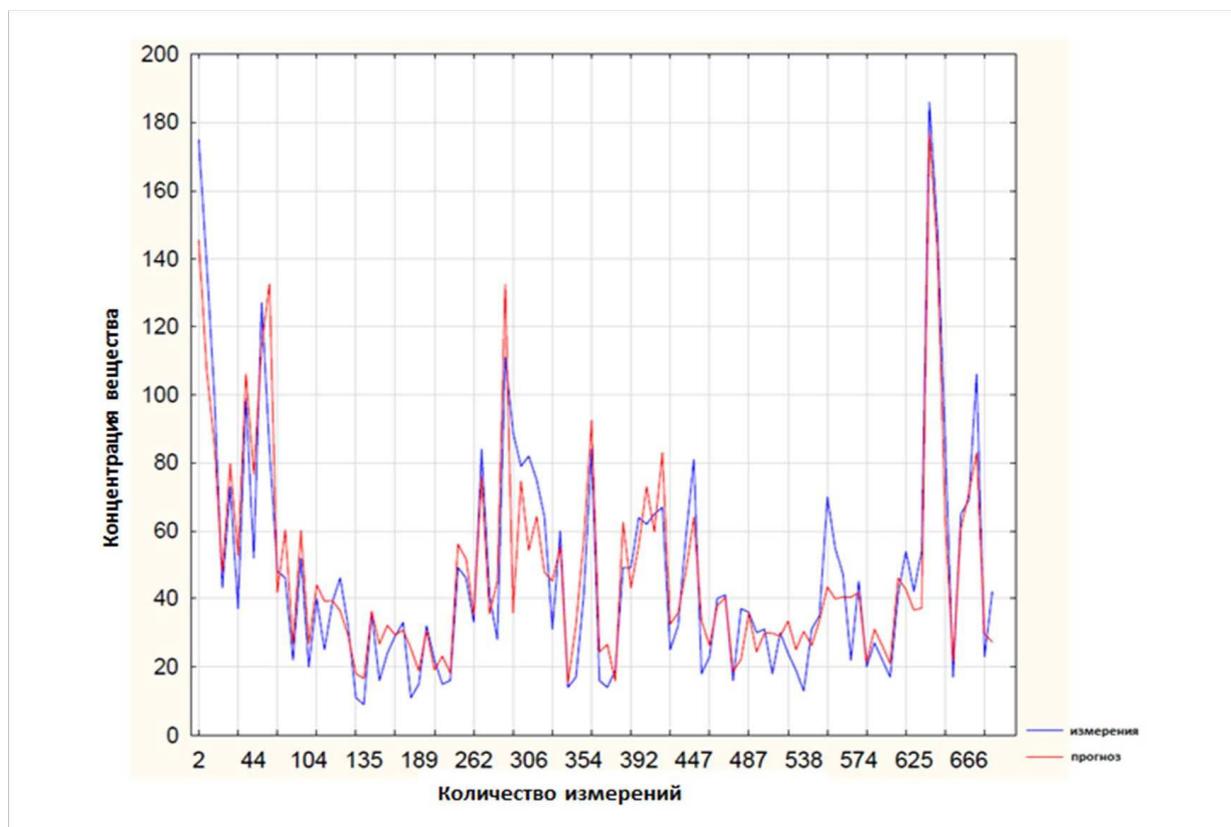


Рис.2. Измеренные и спрогнозированные посредством ИНС данные концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов на ПАО «КМЗ»

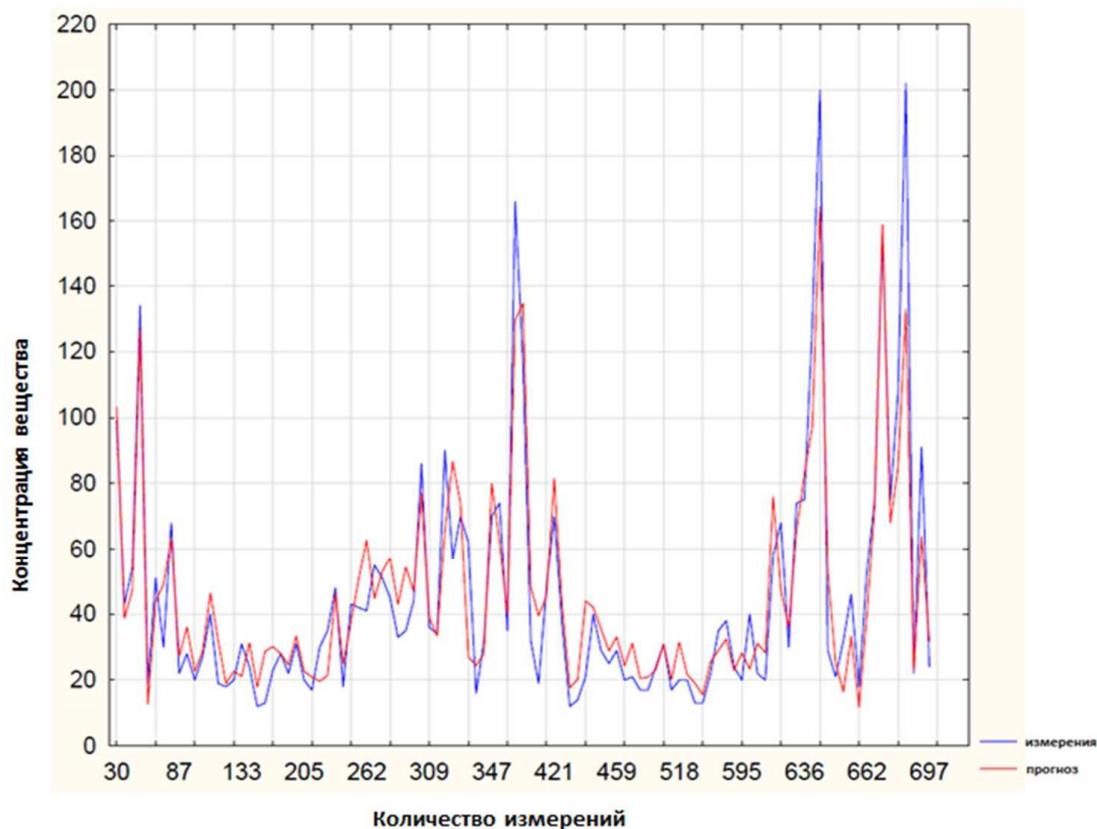


Рис.3. Измеренные и спрогнозированные посредством ИНС данные концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов на пр-те Ленина

Как мы видим, нейронные сети получили высокую достоверность во всех случаях. Можно заметить, что распределения разностей между ожидаемым значением и прогнозируемым значением схожи для каждой измерительной станции. Большинство различий находятся в диапазоне от -10 до 10 мкг. Эксперименты показывают, что 57,7 % результатов, полученных для станции ПАО «Тулачермет», находятся в этом диапазоне. Эти значения составляют 73,3 % и 61,5 % для станций пр. Ленина и станции ПАО «КМЗ» соответственно. Иллюстративную гистограмму упомянутых различий мы можем видеть на рисунке 4. Важно также отметить, что для каждой измерительной станции различия между полученным значением и прогнозируемым значением меньше для концентраций нижних диапазонов взвешенных частиц тяжелых металлов. Одновременно в наборе данных, используемом в процессе обучения, преобладают случаи концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов ниже 100 мкг [2].

Наиболее приоритетно стоит задача создать простой и эффективный инструмент для прогнозирования качества воздуха и водных объектов. Как показали наши исследования, искусственные нейронные сети являются эффективным инструментом в прогнозировании концентраций взвешенных частиц тяжелых металлов. Многие исследователи ставили вопрос о прогнозе концентраций тяжелых металлов и других загрязнителей воздуха и водных объектов с помощью ИНС. Они использовали различные параметры в качестве

входных данных, адаптированных к выходным данным и локальным условиям. Правильный выбор входных и выходных данных с четкой зависимостью между ними необходим для получения достоверных результатов. Невозможно построить одну универсальную модель нейронной сети, которая позволит прогнозировать различные загрязняющие вещества в разных областях. Сеть должна быть разработана и подготовлена индивидуально для каждого случая.

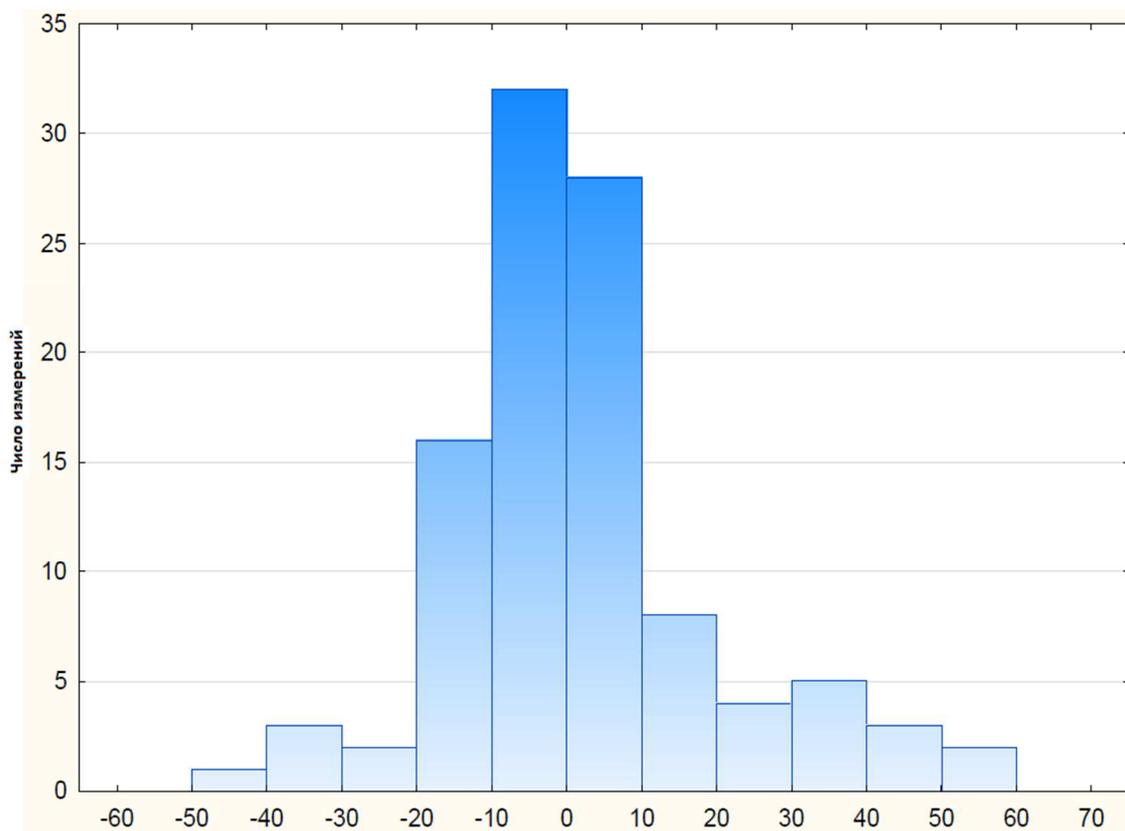


Рис.4. Разница между измеренными и спрогнозированными посредством ИНС значениями концентрации взвешенных частиц тяжелых металлов (мкг) на ПАО «Тулачермет»

Мы сосредоточились на прогнозах концентраций взвешенных частиц тяжелых металлов из-за допустимого уровня этого загрязняющего вещества, который часто превышался в Туле. Оказалось, что для наших условий наилучшие результаты были получены с помощью трехслойного перцептрона с алгоритмом обратного распространения. Во всех случаях нейронные сети хорошо себя проявили. Коэффициенты корреляции были выше 0,9 для каждой измерительной станции. Распределение различий между измеренным значением и прогнозируемым значением было одинаковым для каждой измерительной станции. Средние абсолютные значения указанных различий находились в диапазоне 9,89 мкг и 12,64 мкг. В нашем случае нейронная сеть обучалась на срок 1 год. В связи с этим, срок прогнозирования составляет 1 год, но чем меньше временной отрезок, тем более точно работает сеть. Ссылаясь на представленные результаты, можно сделать вывод, что производительность сетей МСП является удовлетворительной.

*Статья подготовлена при поддержке ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».*

### **Список литературы**

1. Панарин В.М. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу / В.М. Панарин, Л.Э. Шейнкман, А.А. Маслова, Г.Ю. Царьков, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка // *Экология и промышленность России*. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 9-13.

2. Маслова А.А. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования уровней загрязнения воздуха и водных объектов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Е.А. Котова, Д.А. Селезнева // *Экология и промышленность России*. – 2019. – Т. 23, № 8. – С. 36-41.

## **МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

В.М. Панарин, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

***Аннотация.** Представлена модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения. В результате матричного исполнения обрабатываемого информационного потока информационно-измерительная и управляющая система мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона будет являться источником необходимой информации для экологически значимых управленческих решений, направленных на повышение качества атмосферного воздуха на различных уровнях управления.*

Для того чтобы система непрерывного контроля загрязнения атмосферного воздуха оказалась эффективной, к ней предъявляется ряд задач еще на этапе проектирования: объективность предоставляемой информации, зависящая, в свою очередь, как от составляющих потока обрабатываемой информации, так и от частоты опроса газоаналитических сенсорных блоков, территориально распределенных в пределах исследуемого промышленного региона, а также от пространственной структуры самой системы; достоверность прогнозов состояния атмосферного воздуха, предоставляемой системой в пределах исследуемого промышленного региона; качество принимаемых управленческих решений, в том числе касающихся вопросов, направленных на оптимальное распределение техногенных нагрузок на атмосферный воздух промышленного региона [1-3].

Принимая во внимание все вышеперечисленные требования, была сформирована модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения.

Данная модель состоит из 2-х частей:

1) модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения, обрабатываемого системой в момент времени  $t$ .

$$[p_{nk}(t)] = \begin{bmatrix} pP_1(t) & pP_2(t) & pP_3(t) & \dots & pP_k(t) \\ pt^\circ C_1(t) & pt^\circ C_2(t) & pt^\circ C_3(t) & \dots & pt^\circ C_k(t) \\ p\phi_1(t) & p\phi_2(t) & p\phi_3(t) & \dots & p\phi_k(t) \\ pV_{н.1}(t) & pV_{н.2}(t) & pV_{н.3}(t) & \dots & pV_{н.k}(t) \\ pUros_1(t) & pUros_2(t) & pUros_3(t) & \dots & pUros_k(t) \\ pC_1^1(t) & pC_2^1(t) & pC_3^1(t) & \dots & pC_k^1(t) \\ pC_1^2(t) & pC_2^2(t) & pC_3^2(t) & \dots & pC_k^2(t) \\ pC_1^3(t) & pC_2^3(t) & pC_3^3(t) & \dots & pC_k^3(t) \\ pC_1^i(t) & pC_2^i(t) & pC_3^i(t) & \dots & pC_k^i(t) \\ pC_{мод.1}^1(t) & pC_{мод.2}^1(t) & pC_{мод.3}^1(t) & \dots & pC_{мод.k}^1(t) \\ pC_{мод.1}^2(t) & pC_{мод.2}^2(t) & pC_{мод.3}^2(t) & \dots & pC_{мод.k}^2(t) \\ pC_{мод.1}^3(t) & pC_{мод.2}^3(t) & pC_{мод.3}^3(t) & \dots & pC_{мод.k}^3(t) \\ pC_{мод.1}^i(t) & pC_{мод.2}^i(t) & pC_{мод.3}^i(t) & \dots & pC_{мод.k}^i(t) \\ pМПА_1(t) & pМПА_2(t) & pМПА_3(t) & \dots & pМПА_k(t) \\ pКПСА_1(t) & pКПСА_2(t) & pКПСА_3(t) & \dots & pКПСА_k(t) \\ pNeispr_{.1}(t) & pNeispr_{.2}(t) & pNeispr_{.3}(t) & \dots & pNeispr_{.k}(t) \\ pTeh_{.1}(t) & pTeh_{.2}(t) & pTeh_{.3}(t) & \dots & pTeh_{.k}(t) \\ pSdn_1(t) & pSdn_2(t) & pSdn_3(t) & \dots & pSdn_k(t) \\ pSda_1(t) & pSda_2(t) & pSda_3(t) & \dots & pSda_k(t) \\ pSdf_1(t) & pSdf_2(t) & pSdf_3(t) & \dots & pSdf_k(t) \\ pSdo_1(t) & pSdo_2(t) & pSdo_3(t) & \dots & pSdo_k(t) \end{bmatrix}$$

где  $p_{nk}(t)$  – значение  $n$ -ого показателя, участвующего в информационном потоке в  $k$ -ой позиции исследуемого промышленного региона в момент времени  $t$ ;  $P$  – величина атмосферного давления в пределах исследуемого промышленного региона;  $T^\circ C$  – температура атмосферного воздуха промышленного региона;  $\phi$  – влажность атмосферного воздуха;  $V_{нк}$  – скорость и направление ветра;  $Ur.os.$  – величина уровня осадков;  $C_k^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позициях  $1 \dots k$  исследуемого промышленного региона, измеряемая газоаналитическими сенсорными блоками;  $C_{мод.k}^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, полученная при помощи моделирования процессов загрязнения атмосферы при помощи унифицированных программ расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) с учетом параметров всех действующих источников выбросов исследуемого промышленного региона;  $КПСА_k$  – климатический потенциал атмосферы в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный за несколько

лет в ретроперспективе;  $Neispr_k$  – параметр, отвечающий за возникновение какой-либо неисправности в работе газоаналитических сенсорных блоков в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, датчик неисправности сработал – вектор неисправности имеет значение «1», датчик не сработал – «0»;  $Teh_n$  – параметр, отвечающий за проведение процедуры технологического обслуживания газоаналитических сенсорных блоков в ИИиУС, (в том случае, если в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона газоаналитические сенсорные блоки подвергаются процедуре технологического обслуживания, то вектор технологического обслуживания  $Teh_n$  в этой позиции имеет значение – «1», в противном случае – «0»);  $Sdn_n$  – параметр, отвечающий за срабатывание датчика нештатных ситуаций, (в том случае, если в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона датчик нештатных ситуаций сработал, то  $Sdn_n = 1$ , в противном случае – 0);  $Sda_n$  – параметр, отвечающий за срабатывание датчика аварийной ситуации на блоках газоаналитических сенсоров (если газоаналитический сенсорный блок, расположенный в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона подвергается аварийной ситуации, то вектор аварийной ситуации  $Sda_n$  в этой точке имеет значение – «1», в противном случае – «0»);  $Sdo_n$  – параметр, отвечающий за срабатывание датчика несанкционированного доступа на газоаналитическом сенсорном блоке, расположенном в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона (если на газоаналитическом сенсорном блоке, расположенном в точке  $n$  исследуемого промышленного региона был зафиксирован несанкционированный доступ, то вектор несанкционированного доступа  $Sdo_n$  в этой точке имеет значение – «1», в противном случае – «0»).

2) модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на время  $(t+\tau)$ :

$$[p_{nk}(t+\tau)] = \begin{bmatrix} pC_{пр.1}^1(t+\tau) & pC_{пр.2}^1(t+\tau) & pC_{пр.3}^1(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^1(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^2(t+\tau) & pC_{пр.2}^2(t+\tau) & pC_{пр.3}^2(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^2(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^3(t+\tau) & pC_{пр.2}^3(t+\tau) & pC_{пр.3}^3(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^3(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^i(t+\tau) & pC_{пр.2}^i(t+\tau) & pC_{пр.3}^i(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^i(t+\tau) \\ pMПА_{пр.1}(t+\tau) & pMПА_{пр.2}(t+\tau) & pMПА_{пр.3}(t+\tau) & \dots & pMПА_{пр.k}(t+\tau) \end{bmatrix},$$

где  $C_{прогн.k}^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, полученная в результате прогнозирования процессов загрязнения атмосферы на момент времени  $t+\tau$ ;  $MПА_k$  – метеорологический потенциал атмосферы в точке  $n$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный на некоторый период времени  $t+\tau$ ;  $KПСА_k$  – климатический потенциал атмосферы в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный за несколько лет в ретроперспективе;  $MПА_{прогн.k}$  – метеорологический потенциал атмосферы в

позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный на непродолжительную перспективу.

В конечном итоге, объединяя эти две модели, получим модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения:

$$[p_{nkt}(t + \tau)] = \begin{bmatrix} pt^{\circ}C_1(t) & pt^{\circ}C_2(t) & pt^{\circ}C_3(t) & \dots & pt^{\circ}C_k(t) \\ p\phi_1(t) & p\phi_2(t) & p\phi_3(t) & \dots & p\phi_k(t) \\ pV_{n.1}(t) & pV_{n.2}(t) & pV_{n.3}(t) & \dots & pV_{n.k}(t) \\ pUros_1(t) & pUros_2(t) & pUros_3(t) & \dots & pUros_k(t) \\ pC_1^1(t) & pC_2^1(t) & pC_3^1(t) & \dots & pC_k^1(t) \\ pC_1^2(t) & pC_2^2(t) & pC_3^2(t) & \dots & pC_k^2(t) \\ pC_1^3(t) & pC_2^3(t) & pC_3^3(t) & \dots & pC_k^3(t) \\ pC_1^i(t) & pC_2^i(t) & pC_3^i(t) & \dots & pC_k^i(t) \\ pC_{мод.1}^1(t) & pC_{мод.2}^1(t) & pC_{мод.3}^1(t) & \dots & pC_{мод.k}^1(t) \\ pC_{мод.1}^2(t) & pC_{мод.2}^2(t) & pC_{мод.3}^2(t) & \dots & pC_{мод.k}^2(t) \\ pC_{мод.1}^3(t) & pC_{мод.2}^3(t) & pC_{мод.3}^3(t) & \dots & pC_{мод.k}^3(t) \\ pC_{мод.1}^i(t) & pC_{мод.2}^i(t) & pC_{мод.3}^i(t) & \dots & pC_{мод.k}^i(t) \\ pC_{пр.1}^1(t + \tau) & pC_{пр.2}^1(t + \tau) & pC_{пр.3}^1(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^1(t + \tau) \\ pC_{пр.1}^2(t + \tau) & pC_{пр.2}^2(t + \tau) & pC_{пр.3}^2(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^2(t + \tau) \\ pC_{пр.1}^3(t + \tau) & pC_{пр.2}^3(t + \tau) & pC_{пр.3}^3(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^3(t + \tau) \\ pC_{пр.1}^i(t + \tau) & pC_{пр.2}^i(t + \tau) & pC_{пр.3}^i(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^i(t + \tau) \\ pMПА_1(t) & pMПА_2(t) & pMПА_3(t) & \dots & pMПА_k(t) \\ pKПСА_1(t) & pKПСА_2(t) & pKПСА_3(t) & \dots & pKПСА_k(t) \\ pMПА_{пр.1}(t + \tau) & pMПА_{пр.2}(t + \tau) & pMПА_{пр.3}(t + \tau) & \dots & pMПА_{пр.k}(t + \tau) \\ pNeispr_{.1}(t) & pNeispr_{.2}(t) & pNeispr_{.3}(t) & \dots & pNeispr_{.k}(t) \\ pTeh_{.1}(t) & pTeh_{.2}(t) & pTeh_{.3}(t) & \dots & pTeh_{.k}(t) \\ pSdn_1(t) & pSdn_2(t) & pSdn_3(t) & \dots & pSdn_k(t) \\ pSda_1(t) & pSda_2(t) & pSda_3(t) & \dots & pSda_k(t) \\ pSdf_1(t) & pSdf_2(t) & pSdf_3(t) & \dots & pSdf_k(t) \\ pSdo_1(t) & pSdo_2(t) & pSdo_3(t) & \dots & pSdo_k(t) \end{bmatrix}$$

Матрица информационного потока наглядно демонстрирует входящие метеопараметры и концентрации загрязняющих веществ с постов стационарного наблюдения в момент времени  $t$ . Одновременно с этим в этот же момент времени  $t$  система осуществляет математическое моделирование загрязнения и выдает картину прогноза загрязнения на момент времени  $t + \tau$ . [4-5].

В результате матричного исполнения обрабатываемого информационного потока информационно-измерительная и управляющая система мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона будет являться источником необходимой информации для экологически значимых управленческих решений, направленных на повышение качества атмосферного воздуха на различных уровнях управления.

*Статья подготовлена при поддержке ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».*

## Список литературы

1. Рыбка Н.А. Оснащение стационарных источников вредных (загрязняющих) веществ автоматическими средствами контроля промышленных выбросов объектов 1-ой категории / Н.А. Рыбка, М.В. Панарин, А.А. Маслова, В.В. Сергеечев, И.Ю. Загуменнов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – Пенза: Изд-во Лань. – 2019. – № 4. – С. 13-20.
2. Панарин В.М. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу / В.М. Панарин, Л.Э. Шейнкман, А.А. Маслова, Г.Ю. Царьков, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 9-13.
3. Маслова А.А. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования уровней загрязнения воздуха и водных объектов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Е.А. Котова, Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23, № 8. – С. 36-41.
4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы: постановление Правительства Рос. Федерации от 15.04.2014 № 326 // Собр. Законодательства Рос. Федерации. – 2014. – № 18 (часть III). – Ст. 2171.
5. Рыбка Н.А. Повышение эффективности информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона в части вопросов, касающихся объективности предоставляемой информации / Н.А. Рыбка, А.А. Маслова, М.В. Панарин // Экологические системы и приборы. – М.: Изд-во Научтехлитиздат. – 2020. – № 9. – С. 34-39.

## МЕТОД РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОГО СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМОВ ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, Д.В. Трещев  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

**Аннотация.** В статье рассмотрен метод расчета требуемого снижения объемов выбросов и сбросов загрязняющих веществ, который является инструментом управления при прогнозировании и предотвращении наступления неблагоприятной экологической ситуации в прилегающих к предприятию жилых зонах.

Технологические процессы промышленных предприятий являются крупными источниками загрязнения окружающей природной среды. Поскольку безотходных технологий практически не существует, то необходимы механизмы и инструменты, позволяющие обеспечивать сохранность качества природной среды.

Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха» [1] установлены требования к охране атмосферного воздуха при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации промышленных объектов, соблюдение которых обязательно:

- непревышение экологических, санитарно-гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха;
- установление санитарно-защитных зон предприятий;
- разработка мер по уменьшению выбросов вредных веществ и их обезвреживанию;
- непревышение технологических нормативов выбросов и предельно допустимых выбросов при вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий и др.;
- запрет размещения и эксплуатации предприятий, не имеющих установок очистки газов и средств контроля за выбросами в атмосферу, предусмотренных правилами охраны атмосферного воздуха.

Мы предлагаем, как инструмент использовать метод расчета требуемого снижения объемов выбросов и сбросов загрязняющих веществ для предотвращения наступления неблагоприятной экологической ситуации в прилегающих к предприятию жилых зонах, который заключается в следующем.

Формируем матрицу текущих концентраций по воздуху

$$[p_{nk}(t)] = \begin{bmatrix} pC_1^1(t) & pC_2^1(t) & pC_3^1(t) & \dots & pC_k^1(t) \\ pC_1^2(t) & pC_2^2(t) & pC_3^2(t) & \dots & pC_k^2(t) \\ pC_1^3(t) & pC_2^3(t) & pC_3^3(t) & \dots & pC_k^3(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ pC_1^i(t) & pC_2^i(t) & pC_3^i(t) & \dots & pC_k^i(t) \end{bmatrix},$$

где  $p_{nk}(t)$  – значение  $n$ -ого показателя, участвующего в информационном потоке в  $k$ -ой позиции исследуемого промышленного региона в момент времени  $t$ ;

$P$  – величина атмосферного давления в пределах исследуемого промышленного региона;

$C_k^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позициях  $1 \dots k$  исследуемого промышленного региона, измеряемая газоаналитическими сенсорными блоками.

Затем формируем матрицу прогнозных значений

$$[p_{nk}(t + \tau)] = \begin{bmatrix} pC_{пр.1}^1(t + \tau) & pC_{пр.2}^1(t + \tau) & pC_{пр.3}^1(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^1(t + \tau) \\ pC_{пр.1}^2(t + \tau) & pC_{пр.2}^2(t + \tau) & pC_{пр.3}^2(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^2(t + \tau) \\ pC_{пр.1}^3(t + \tau) & pC_{пр.2}^3(t + \tau) & pC_{пр.3}^3(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^3(t + \tau) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ pC_{пр.1}^i(t + \tau) & pC_{пр.2}^i(t + \tau) & pC_{пр.3}^i(t + \tau) & \dots & pC_{пр.k}^i(t + \tau) \end{bmatrix},$$

где  $p_{nk}(t + \tau)$  – значение  $n$ -ого показателя, участвующего в информационном потоке в  $k$ -ой позиции исследуемого промышленного региона в момент времени  $t + \tau$ ;

$C_{пр.k}^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, полученная в результате прогнозирования процессов загрязнения атмосферы на момент времени  $t + \tau$ .

Проведем оценку возрастания или снижения прогноза к текущим значениям

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} pC_1^1(t) & pC_2^1(t) & pC_3^1(t) & \dots & pC_k^1(t) \\ pC_1^2(t) & pC_2^2(t) & pC_3^2(t) & \dots & pC_k^2(t) \\ pC_1^3(t) & pC_2^3(t) & pC_3^3(t) & \dots & pC_k^3(t) \\ pC_1^i(t) & pC_2^i(t) & pC_3^i(t) & \dots & pC_k^i(t) \end{bmatrix} - \\
 & \begin{bmatrix} pC_{пр.1}^1(t+\tau) & pC_{пр.2}^1(t+\tau) & pC_{пр.3}^1(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^1(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^2(t+\tau) & pC_{пр.2}^2(t+\tau) & pC_{пр.3}^2(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^2(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^3(t+\tau) & pC_{пр.2}^3(t+\tau) & pC_{пр.3}^3(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^3(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^i(t+\tau) & pC_{пр.2}^i(t+\tau) & pC_{пр.3}^i(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^i(t+\tau) \end{bmatrix} = \\
 & \begin{bmatrix} \Delta pC_1^1(t) & \Delta pC_2^1(t) & \Delta pC_3^1(t) & \dots & \Delta pC_k^1(t) \\ \Delta pC_1^2(t) & \Delta pC_2^2(t) & \Delta pC_3^2(t) & \dots & \Delta pC_k^2(t) \\ \Delta pC_1^3(t) & \Delta pC_2^3(t) & \Delta pC_3^3(t) & \dots & \Delta pC_k^3(t) \\ \Delta pC_1^i(t) & \Delta pC_2^i(t) & \Delta pC_3^i(t) & \dots & \Delta pC_k^i(t) \end{bmatrix}.
 \end{aligned}$$

Если  $\Delta pC_k^i(t) > 0$ , значит прогнозные значения снижаются и, в случае не превышения ПДК, мероприятий не проводим.

Для сравнения с ПДК составляем матрицу ПДК

$$[p_{ПДКnk}^i(t)] = \begin{bmatrix} pC_{ПДК.1}^1(t) & pC_{ПДК.2}^1(t) & pC_{ПДК.3}^1(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^1(t) \\ pC_{ПДК.1}^2(t) & pC_{ПДК.2}^2(t) & pC_{ПДК.3}^2(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^2(t) \\ pC_{ПДК.1}^3(t) & pC_{ПДК.2}^3(t) & pC_{ПДК.3}^3(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^3(t) \\ pC_{ПДК.1}^i(t) & pC_{ПДК.2}^i(t) & pC_{ПДК.3}^i(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^i(t) \end{bmatrix},$$

где  $C_{ПДК.k}^i$  – предельно-допустимая концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона;

Затем сравниваем прогнозные значения с ПДК

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} pC_{ПДК.1}^1(t) & pC_{ПДК.2}^1(t) & pC_{ПДК.3}^1(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^1(t) \\ pC_{ПДК.1}^2(t) & pC_{ПДК.2}^2(t) & pC_{ПДК.3}^2(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^2(t) \\ pC_{ПДК.1}^3(t) & pC_{ПДК.2}^3(t) & pC_{ПДК.3}^3(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^3(t) \\ pC_{ПДК.1}^i(t) & pC_{ПДК.2}^i(t) & pC_{ПДК.3}^i(t) & \dots & pC_{ПДК.k}^i(t) \end{bmatrix} - \\
 & \begin{bmatrix} pC_{пр.1}^1(t+\tau) & pC_{пр.2}^1(t+\tau) & pC_{пр.3}^1(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^1(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^2(t+\tau) & pC_{пр.2}^2(t+\tau) & pC_{пр.3}^2(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^2(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^3(t+\tau) & pC_{пр.2}^3(t+\tau) & pC_{пр.3}^3(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^3(t+\tau) \\ pC_{пр.1}^i(t+\tau) & pC_{пр.2}^i(t+\tau) & pC_{пр.3}^i(t+\tau) & \dots & pC_{пр.k}^i(t+\tau) \end{bmatrix} = \\
 & \begin{bmatrix} \Delta pC_1^1(t) & \Delta pC_2^1(t) & \Delta pC_3^1(t) & \dots & \Delta pC_k^1(t) \\ \Delta pC_1^2(t) & \Delta pC_2^2(t) & \Delta pC_3^2(t) & \dots & \Delta pC_k^2(t) \\ \Delta pC_1^3(t) & \Delta pC_2^3(t) & \Delta pC_3^3(t) & \dots & \Delta pC_k^3(t) \\ \Delta pC_1^i(t) & \Delta pC_2^i(t) & \Delta pC_3^i(t) & \dots & \Delta pC_k^i(t) \end{bmatrix}.
 \end{aligned}$$

Режим снижения выбросов вводится до достижения, что бы

$$\Delta pC_k^i(t) \geq 0.$$

Если  $\Delta pC_k^i(t) > 0$ , значит прогнозные значения не превышают ПДК, мероприятий не проводим.

Если хотя-бы одно значение  $\Delta pC_k^i(t) < 0$ , то вводится режим снижения выбросов предприятиями региона именно поэтому параметру, если несколько  $\Delta pC_k^i(t) < 0$ , то вводится режим снижения выбросов предприятиями региона именно по этим параметрам.

*Статья подготовлена при поддержке ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» в рамках гранта ректора для поддержки молодых ученых, проект «Разработка математических моделей прогнозирования неблагоприятной экологической ситуации на промышленно развитых территориях».*

### Список литературы

1. Андрианов Д.Е. Автоматизированная обработка пространственной информации в геоинформационных системах / Д.Е. Андрианов, А.В. Булаев // Автоматизация и современные технологии. – М.: Машиностроение. – 2007. – №8. – С. 3-6.

2. Панарин М.В. Автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий / М.В. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова, В.М. Панарин // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 6. – С. 44-48.

3. Панарин М.В. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу / В.М. Панарин, Л.Э. Шейнкман, А.А. Маслова, Г.Ю. Царьков, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 9-13.

## ЭВРИСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕКОМПОЗИЦИИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА COVID-19 В РОССИИ

А.А. Хадарцев, А.В. Волков  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Рассмотрены особенности современной фазы развития пандемии COVID-19; представления научного сообщества о природе и чертах временной организации данного процесса; результаты его формального описания линейными полициклическими моделями, отражающими влияние на заболеваемость сезонных факторов пандемии; по результатам верификации вариантов декомпозиции процесса с привлечением новых фактических данных

установлены эвристические возможности предложенного аналитического подхода.

Согласно публикации *New York Daily News*, в 2021 году в США «*COVID-19* уже убил больше людей, чем в 2020 году. По данным Университета Джонса Хопкинса, с 1 января в стране зарегистрировано более 353 тысяч смертей, что примерно на тысячу больше, чем за первые 10 месяцев прошлого года. <...> По мнению экспертов, между этими годами есть ключевые различия, которые объясняют тенденцию. Количество случаев заболевания и смертей увеличил более заразный дельта-штамм вируса. Ситуацию усугубляет отсутствие коллективного иммунитета из-за низкого уровня вакцинации населения» (<https://www.inopressa.ru/article/07Oct2021/nydailynews/usa.html>).

Фотографию дельта-штамма коронавируса *COVID-19* опубликовал научный центр «Вектор» Роспотребнадзора 25 октября 2021 года (рис. 1).

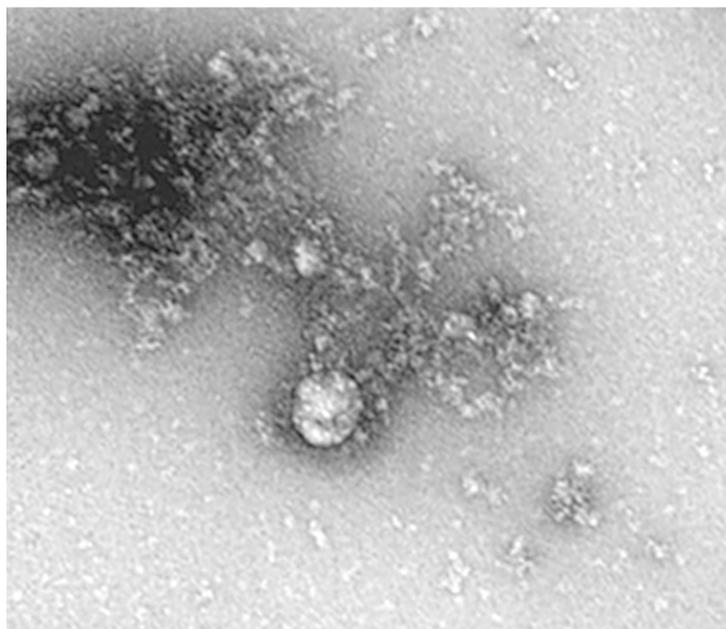


Рис. 1. Дельта-штамм *COVID-19* (Роспотребнадзор, центр «Вектор»)

Российские учёные отмечают, что дельта-штамм обеспечивает более высокую вирусную нагрузку на организм. Поэтому инфицированные им люди могут заражать других, даже не зная, что заражены сами. Допускается вероятность вытеснения дельта-штамма новым вариантом патогена AY.4.2 (<https://lenta.ru/news/2021/10/25/deltafirst/>).

В целом, значимость дискуссии о природе и свойствах патогена, вызвавшего пандемию *COVID-19*, этике проведения исследований с подобными агентами, исключительно важна, учитывая демографические, экономические, геополитические и иные последствия ситуации. Только в России в октябре-ноябре 2021 года ежедневно регистрировалось около 40 тысяч новых случаев заболевания *COVID-19*, а также очень высокие уровни смертности (<https://lenta.ru/news/2021/10/25/newcorona/>). Возможно, рост регистрируемых случаев заболевания и смертей – лишь верхушка айсберга, поскольку подобные данные зависят от

методов их подсчета и оценки. Действительно, в 2021 году появились обновлённые рекомендации Роспотребнадзора о том, как регистрировать случаи заболеваний и как фиксировать летальность. По мнению инфекционистов, изменения в методике видны по проценту бессимптомных пациентов (<https://lenta.ru/news/2021/10/01/iceberg/>).

Согласно публикации французского издания *Le Monde*, «цифры <смертности от COVID-19>, предоставляемые санитарно-эпидемиологической службой Роспотребнадзор и используемые Всемирной организацией здравоохранения для глобальных сравнений, вызывают сомнения. Подсчёт производится в соответствии с минималистской методикой расчёта и систематически пересматривается в сторону увеличения, апостериори, другим официальным источником – статистической службой Росстат». Издание допускает и «некое статистическое намерствование <данных>: с середины июля до выборов в Госдуму 19 сентября цифры оставались на удивление стабильными... В результате, четвертая российская волна разбилась о почти полное молчание политиков и СМИ. <...> Пришлось дожидаться последних дней <сентября>, чтобы увидеть, как COVID-19 и его санитарные последствия вновь вернулись в официальный дискурс» (<https://www.inopressa.ru/article/01Oct2021/lemonde/russia.html>).

По мнению начальника лаборатории особо опасных инфекций центра Фундаментальной трансляционной медицины, профессор вирусологии А. Чепурнова и руководителя лаборатории геномной инженерии МФТИ П. Волчкова, на спад купируемая локдауном четвёртая волна COVID-19 пойдёт к январю. На динамику эпидемической ситуации могут повлиять ускорение темпов вакцинации и формирование коллективного иммунитета. Согласно же оценке иммунолога Н. Крючкова, страна столкнётся с затяжной волной коронавируса: после некоторой стабилизации ситуации с COVID-19 в ноябре россиян ждёт очередной подъём заболеваемости в январе, а затем стоит ждать весеннюю волну (<https://lenta.ru/news/2021/10/19/viruss/>).

Согласно оценкам Минздрава РФ, во второй половине октября в стране ещё не был достигнут пик четвёртой волны коронавируса. Ранее врач-инфекционист Е. Тимаков допустил, что данная волна пандемии станет для россиян самой тяжёлой, причём стабилизируется ситуация только к середине декабря. Тем не менее, новые волны коронавируса будут переноситься вакцинированными людьми легче (<https://lenta.ru/news/2021/10/25/pikkk/>).

Возможно, через полтора-два года население может снизить восприимчивость к COVID-19. Поколение, которому предстоит расти с COVID-19, будет воспринимать его как обычный сезонный коронавирус (<https://lenta.ru/news/2021/10/22/sezon/>).

Согласно публикации в *Nature Computational Science*, признаки сезонности в распространении COVID-19 выявили специалисты Барселонского института глобального здравоохранения (*ISGlobal*, Испания). «Инструментами математического моделирования учёные изучили связь между климатом и заболеваемостью на ранней стадии пандемии в разных точках планеты. Установлено, что более высокие темпы передачи вируса характерны для регионов

с более низкими температурами и влажностью. По мере их повышения, скорость распространения волн пандемии снижается. <...> Специалисты уверены, что COVID-19 демонстрирует характерные свойства сезонных инфекций, таких как грипп. Исследование подтвердило, что, в основном, коронавирус передаётся по воздуху, и в этом механизме сезонность играет важную роль. В частности, при низкой влажности воздуха размер частиц аэрозолей уменьшается и вирус распространяется быстрее» (<https://lenta.ru/news/2021/10/22/sezon/>).

По информации издания *The New York Times*, со ссылкой на исследования Национального института аллергии и инфекционных заболеваний США, «COVID-19 эволюционирует и приспосабливается для лучшей передачи именно воздушно-капельным путем. Установлено, что новые альфа-штамм и дельта-штамм коронавируса способны перемещаться на большие расстояния и оседать прямо в легких, что крайне опасно для человека. <...> Директор Европейского бюро Всемирной организации здравоохранения Ханс К्लюге допустил, что вероятность мутации вируса вырастает в том случае, если он широко циркулирует в популяции и приводит к росту заражений» (<https://lenta.ru/news/2021/10/02/cel/>).

В связи с напряжённостью эпидемической ситуации, генеральный директор Всемирной организации здравоохранения Тедрос Аданом Гебрейесус, выступая на проходящем в октябре в Берлине Всемирном саммите здравоохранения (*World Health Summit*) заявил: «Мне очень часто задают вопрос о том, когда завершится пандемия. Мой ответ: пандемия закончится тогда, когда мир решит её завершить. Это в наших руках». Для этого «имеются все необходимые инструменты..., но мир не использовал эти инструменты хорошо. <...> В целом, пандемия далеко не закончена» ([https://zavtra.ru/events/glava\\_voz\\_mne\\_ochen\\_chasto\\_zadayut\\_vopros\\_o\\_tom\\_kogda\\_zavershitsya\\_pandemiya](https://zavtra.ru/events/glava_voz_mne_ochen_chasto_zadayut_vopros_o_tom_kogda_zavershitsya_pandemiya)).

Итак, теоретические и прикладные исследования, ориентированные на выделение и анализ некоторых элементов временной организации эпидемического процесса COVID-19 в России, на верификацию результатов его декомпозиции, то есть результатов описания динамики процесса математическими моделями, на уточнение эвристических возможностей результатов декомпозиции, – актуальны и практически значимы.

Идея исследования состоит в следующем: статистическая обработка данных о выявленной общей численности заболевших различными вариантами штаммов коронавируса в РФ (с 22.01.2020 года по 04.07.2021 года), организованных в виде временного ряда, заимствованных из базы данных Университета Джонса Хопкинса, позволяет предложить не только оптимальный – применительно к классу решаемых задач – алгоритм обработки данных, в т.ч. указать последовательность и специфику статистических приёмов их трансформации, но и сформулировать критерии, обеспечивающие оценку перспектив развития ситуации.

В расчёте использованы представленные в свободном доступе данные интернет-ресурса «*JHU CSSE COVID-19 Dataset*» ([https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse\\_covid\\_19\\_data/csse\\_covid\\_19\\_time\\_series/time\\_series\\_covid19\\_confirmed\\_global.csv](https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series/time_series_covid19_confirmed_global.csv)).

Выполнено сопоставление указанной информации с официальными российскими данными об общей численности заболевших различными штаммами COVID-19, заимствованными на ресурсе <https://infotables.ru/meditsina/1256-obshchaya-statistika-koronavirusa-po-dnyam-v-rossii-tablitsa>, а также из отчётов Коммуникационного центра Правительства Российской Федерации (*стопкоронавирус.рф*).

В частности, сравнение данных американского Университета Джонса Хопкинса (*JHU*) и российских официальных данных о величине суточного прироста заболевших в виде линейной регрессии представлено на рис. 2.

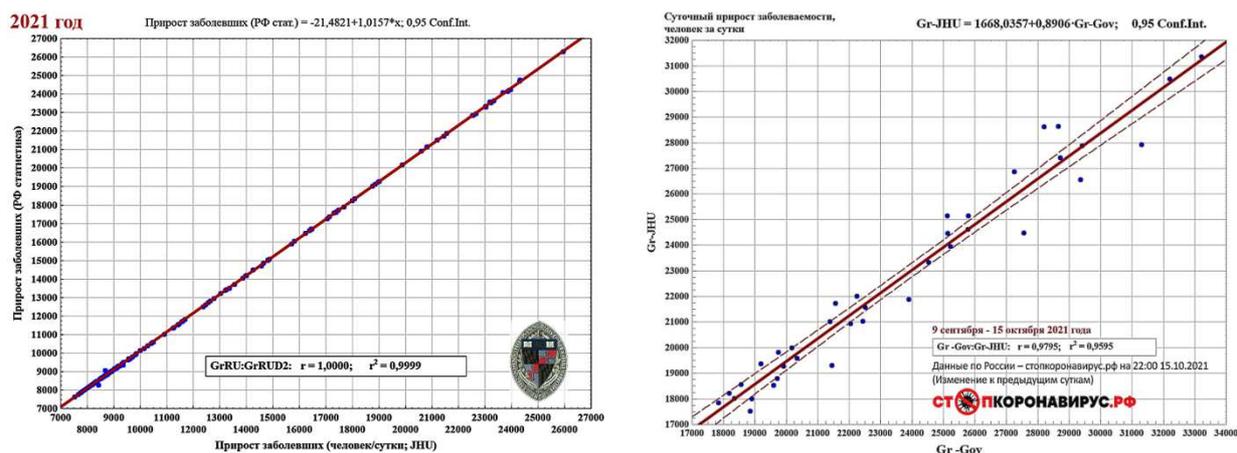


Рис. 2. Линейная регрессия суточного прироста заболевших COVID-19 в 2021 году по данным JHU и российским официальным данным (Gr-Gov): слева – за первую половину года; справа – за период с 9 сентября по 15 октября

Согласно рис. 2, новые параметры линейной регрессии могут косвенно указывать на изменения, внесённые в систему регистрации данных о заболеваемости COVID-19 Роспотребнадзором осенью 2021 года.

Для количественной характеристики результатов корреляции параметров в работе используются показатели тесноты связи между выборками: коэффициент линейной корреляции ( $r$ ); коэффициент детерминации ( $d_r = r^2 \times 100\%$ ). Последний индекс показывает, какая доля общей дисперсии признака объясняется влиянием фактора, вошедшего в уравнение регрессии. Кроме того, применение находит теоретическое корреляционное отношение, или индекс корреляции ( $R$ ;  $d_R = R^2 \times 100\%$ ), отражающий тесноту связи параметров при любой её форме [1].

Как правило, начальным пунктом обработки данных статистической природы является задание математической модели процесса и порождаемого им поля. На основе этой модели определяют, какую часть поля считать сигналом, а какую – помехой. Сигнал может быть представлен либо детерминированной, то есть известной по форме и параметрам функцией, либо случайным процессом. В большинстве случаев поле  $F(t)$  представляют в виде суммы нескольких компонент:

$$F(t) = F_{\text{фон}}(t) + F_{\text{сигнал}}(t) + n(t),$$

где  $F_{\phi}(t)$  – фоновая составляющая поля, или его тренд;  $F_{\text{сигнал}}(t)$  – полезный сигнал, аномалия, или диагностическая часть поля;  $n(t)$  – погрешность измерений, шум или помеха, обусловленная инструментальными и методическими ошибками эксперимента. Система, подчиняющаяся принципу суперпозиции, именуется *линейной системой* [2].

Следовательно,  $F_{\text{сигнал}}(t) + n(t) = F(t) - F_{\text{фон}}(t)$ . Поэтому каждый этап наших исследований начинается с анализа и верификации модели фона изучаемого процесса.

Алгоритм формирования всех моделей фона – в работе рассматриваются три варианта модели фона ( $i = 1, 2, 3$ ) и несколько соответствующих им диагностических компонент – объединяет следующие действия.

1. Ко всему ряду данных о суточном приросте заболевших ( $Gr-JHU \equiv Gr$ ) прибавляется единица:  $Gr := Gr + 1$ .

2. Рассчитываются величины десятичного логарифма членов ряда:  $Gr := \lg(Gr)$ .

3. Методом наименьших квадратов (МНК) устанавливаются коэффициенты регрессионной модели ряда десятичных логарифмов – параметр  $S_i$ .

4. Формируется ряд фоновых значений поля:  $Fon_i = (10^{S_i} - 1)$ .

5. Выделяется для дальнейшего анализа диагностическая часть ряда:  $Gr-dia_i = Gr - Fon_i$ .

В частности, для формирования третьей – итоговой модели *диагностической компоненты*, по результатам её спектрального анализа, привлекаются следующие величины периодов колебательных мод (сутки; в скобках указаны значения  $2\pi/T$ ): 37,7143 (0,1666); 52,8 (0,1190); 66 (0,0952); 88 (0,0714); 132 (0,0476).

Общий вид линейной модели диагностической компоненты таков:

$$Gr-dia_3 = A1 \cdot \cos(0,0000357 \cdot d - 1,559216) \cdot \cos(0,1665995 \cdot d + B1 \cdot \cos(0,037214 \cdot d - 59,207212)) + A2 \cdot \cos(0,0000595 \cdot d - 1,569946) \cdot \cos(0,1189997 \cdot d + B2 \cdot \cos(0,066666 \cdot d - 2,230857)) + A3 \cdot \cos(0,0000946 \cdot d - 1,5814503) \cdot \cos(0,09519978 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,000128 \cdot d - 1,577309) \cdot \cos(0,07139983 \cdot d + B4) + A5 \cdot \cos(0,000106 \cdot d - 1,579071) \cdot \cos(0,04759989 \cdot d + B5) + W.$$

В свою очередь, исходная для приближения фона  $Fon_3$  модель ряда  $S_3$  – показателей степени по основанию 10 – представляется суммой четырёх блоков:

- $LGST = 4,196715 / (1 + \exp(5,981974 - d \cdot 0,095629))$ ;
- $Ritm1 = 0,205241 \cdot \cos(d \cdot 0,018517 - 12,3453695)$ ;
- $Ritm2 = 0,183891 \cdot \cos(d \cdot 0,03021003 - 3,693483)$ ;
- $Trend = 0,001133 \cdot d + 27,05274205 \cdot (d^{-0,0046}) - 26,839107$ ,

где  $d = 1, 2, 3, \dots$  – аргумент изучаемых рядов ( $d = 1$  соответствует данным 22 января 2020 года).

Укажем, что сумма компонент действительно даёт исходную величину:

$$S_3 = LGST + Ritm1 + Ritm2 + Trend.$$

В графическом виде временной ход отдельных компонент модели фона показан на рис. 3.

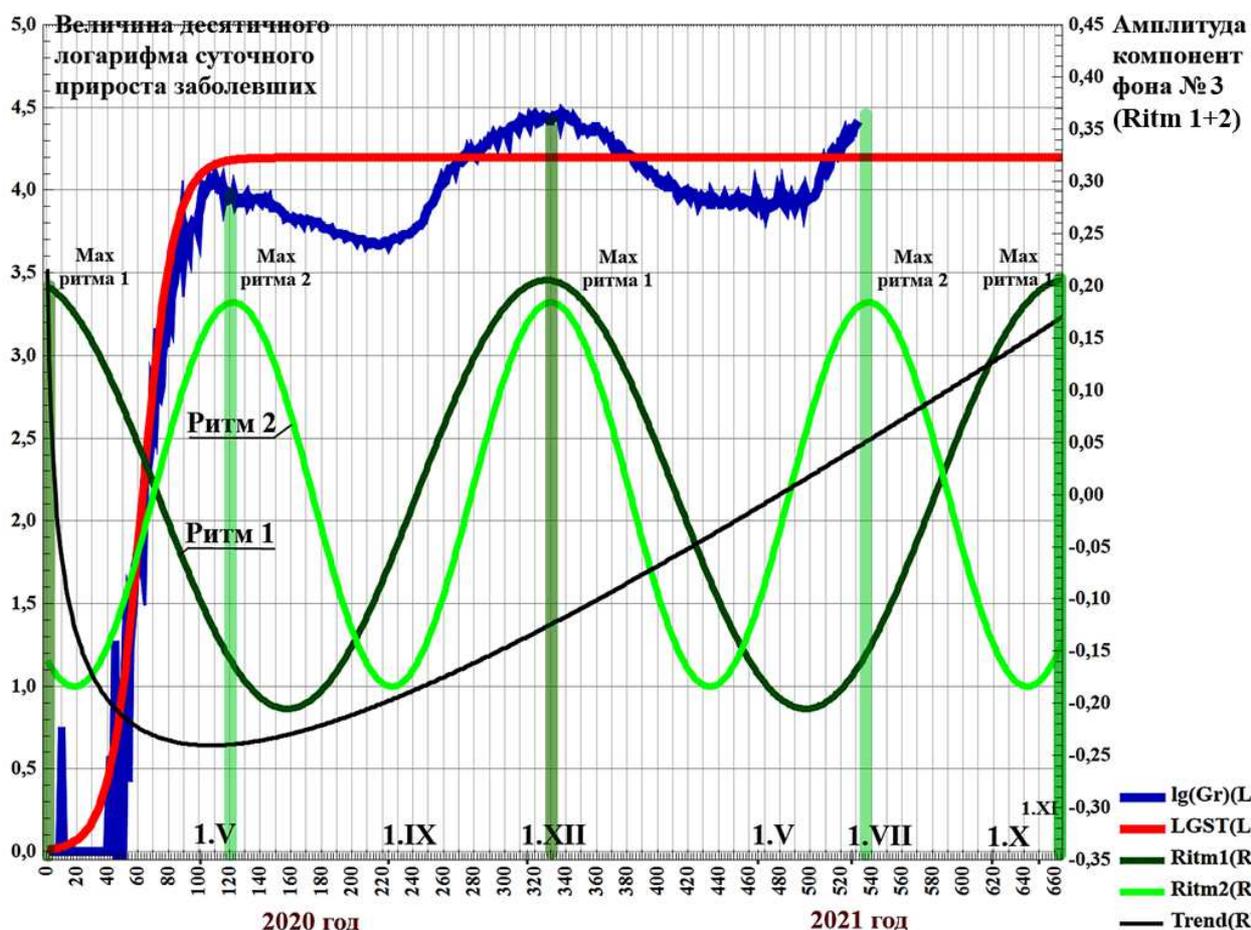


Рис. 3. Сравнение хода отдельных компонент модели фона с фактическими данными

Согласно рис. 3, можно сделать следующие предварительные выводы.

1. Картину динамики фона, видимо, определяют два ритма, один из которых (ритм 1) приблизительно годичной длительности, а другой – семимесячной длительности (ритм 2). Каждый ритм отражает ход т.н. «характерного времени» специфического компартмента в составе механизма изучаемого процесса, по истечении которого параметры блока – с учётом принципиальной необратимости истории – возвращаются к «исходным» значениям. Природа данных компартментов требует проведения дополнительных исследований.

2. Ритмы *попеременно* влияют на локализацию во времени экстремумов изучаемого поля поведения: первый – по счёту – экстремум (см. рис. 3; параметр  $\lg(Gr)$ ;  $d \approx 10$ ), в целом, определяет максимум ритма № 1, а первый минимум – минимум ритма № 2; второй экстремум – максимум ритма № 2; третий экстремум – вновь максимум ритма № 1; четвёртый экстремум – максимум ритма № 2; вероятный пятый экстремум – максимум ритма № 1 (середина ноября 2021 года).

3. Сочетание минимумов ритмов № 1 и № 2, в целом, определяют фазы минимальных же значений изучаемого поля. Если выраженную локализацию на оси времени имеет экстремум лишь одного ритма, это может свидетельствовать о незначительном по амплитуде минимуме изучаемого поля, разделяющем два сближенных мощных максимума – по сути, о бимодальном максимуме (рис. 4).

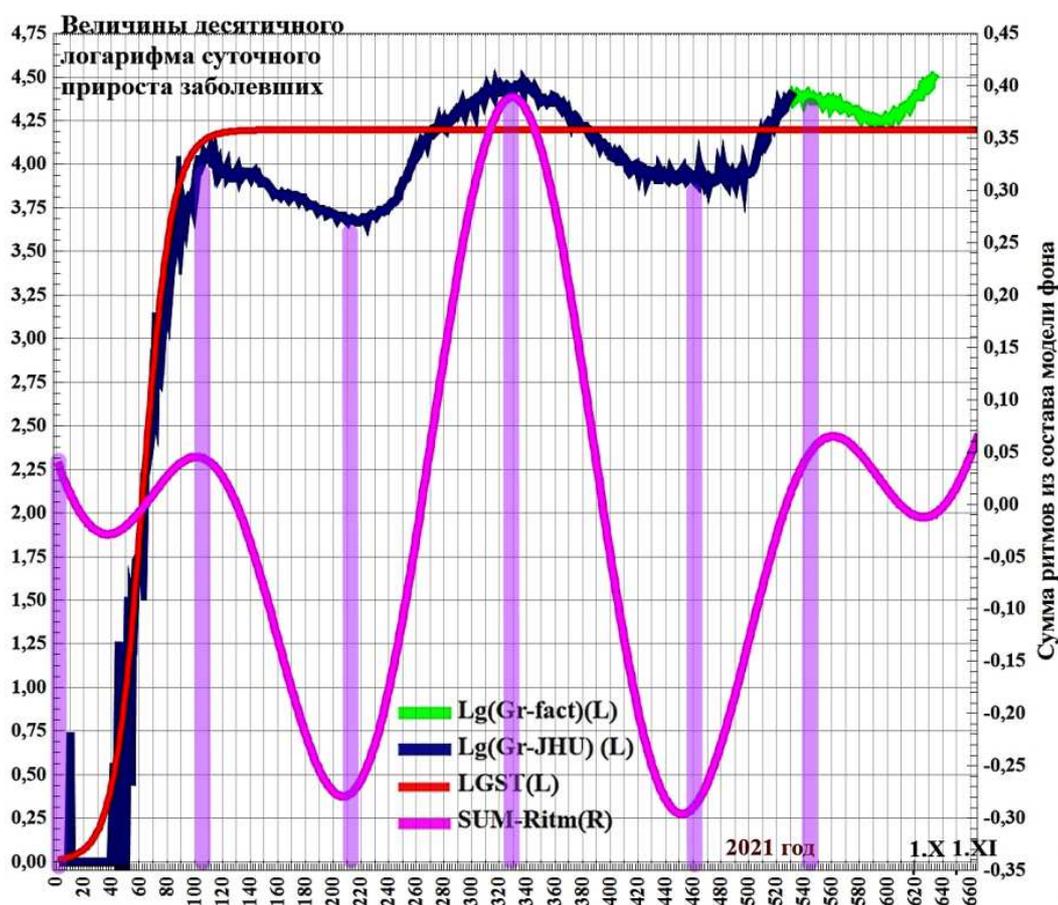


Рис. 4. Взаимное влияние колебательных компонент второй модели фона на формирование картины локализации на оси времени экстремумов кривой суточного прироста заболевших

4. Нелинейный – в композиции модели фона – тренд с весны 2020 года вовлечён в возрастающее изменение.

5. Основную дисперсию поля отражает логистическая компонента модели фона (её ось – слева). Величины амплитуд других компонент модели – в 20 раз меньше (их ось – справа). Эти компоненты играют *информационную*, а не «энергетическую» роль в определении временной динамики изучаемого поля.

6. Решение *задачи декомпозиции* изучаемого поля и разработка общей модели его фона позволяет удалить из исходного ряда вклад логистической компоненты в сумме с трендом. Далее выполняется более адекватная – с позиции величины коэффициента  $R$  и физической достоверности описания – подгонка суммы колебательных компонент, определяемая эффектами амплитудной и фазовой модуляции каждой учитываемой моды.

Добавление к набору двух ритмов модели фона *третьей* колебательной моды позволяет отразить часть высокочастотной дисперсии эпидемического процесса. Насколько этот шаг целесообразен, покажет дальнейший анализ ситуации.

Итак, далее рассмотрим модель фона с участием именно трёхкомпонентного колебательного блока ( $Fon3 = LGST + ModSumR + Trend$ ) и с её помощью выделим диагностическую компоненту поля, о которой уже шла речь.

Временной ход уточнённой модели фона ( $Fon3$ ; точнее говоря, показателя степени по основанию 10), в сравнении с ходом фактических данных о суточном приросте выявленного числа заболевших, представлен на рис. 5.

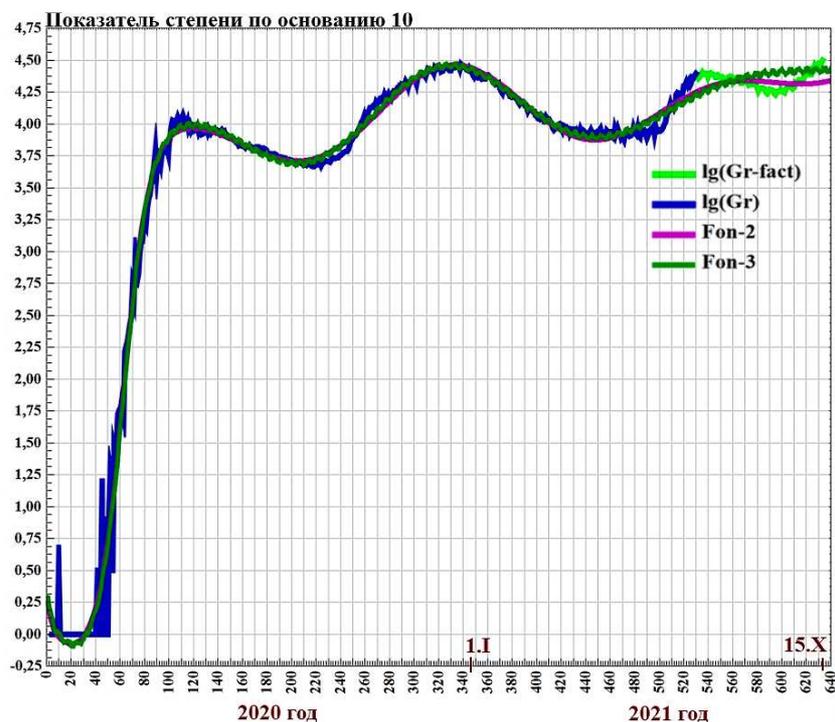


Рис. 5. Временной ход фактических и модельных рядов (фон) с прогнозом на середину октября 2021 года

Ход фактических и модельных значений ряда суточного прироста выявленного числа заболевших в РФ показан на рис. 6.

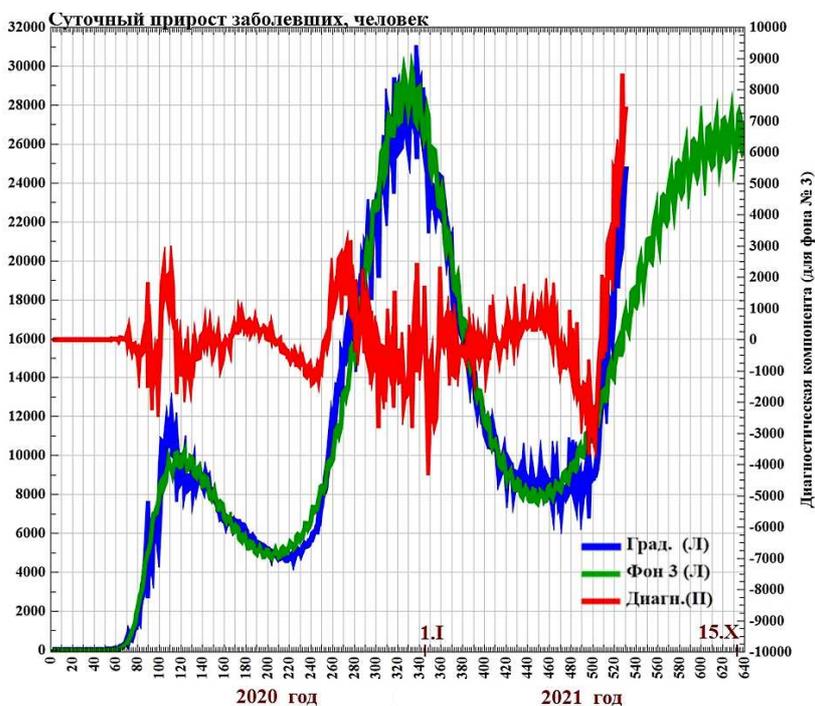


Рис. 6. Временной ход выявленных случаев суточной заболеваемости COVID-19 в РФ, а также фона и диагностической компоненты третьей модели эпидемического процесса

Результат использования полной (фон + диагностическая компонента) модели эпидемического процесса для формального ретроспективного приближения и прогноза (на 15 октября 2021 года; по данным *JHU* до 04.07.2021 года) ряда величин выявленного суточного прироста заболевших *COVID-19* в РФ представлен на рис. 7.

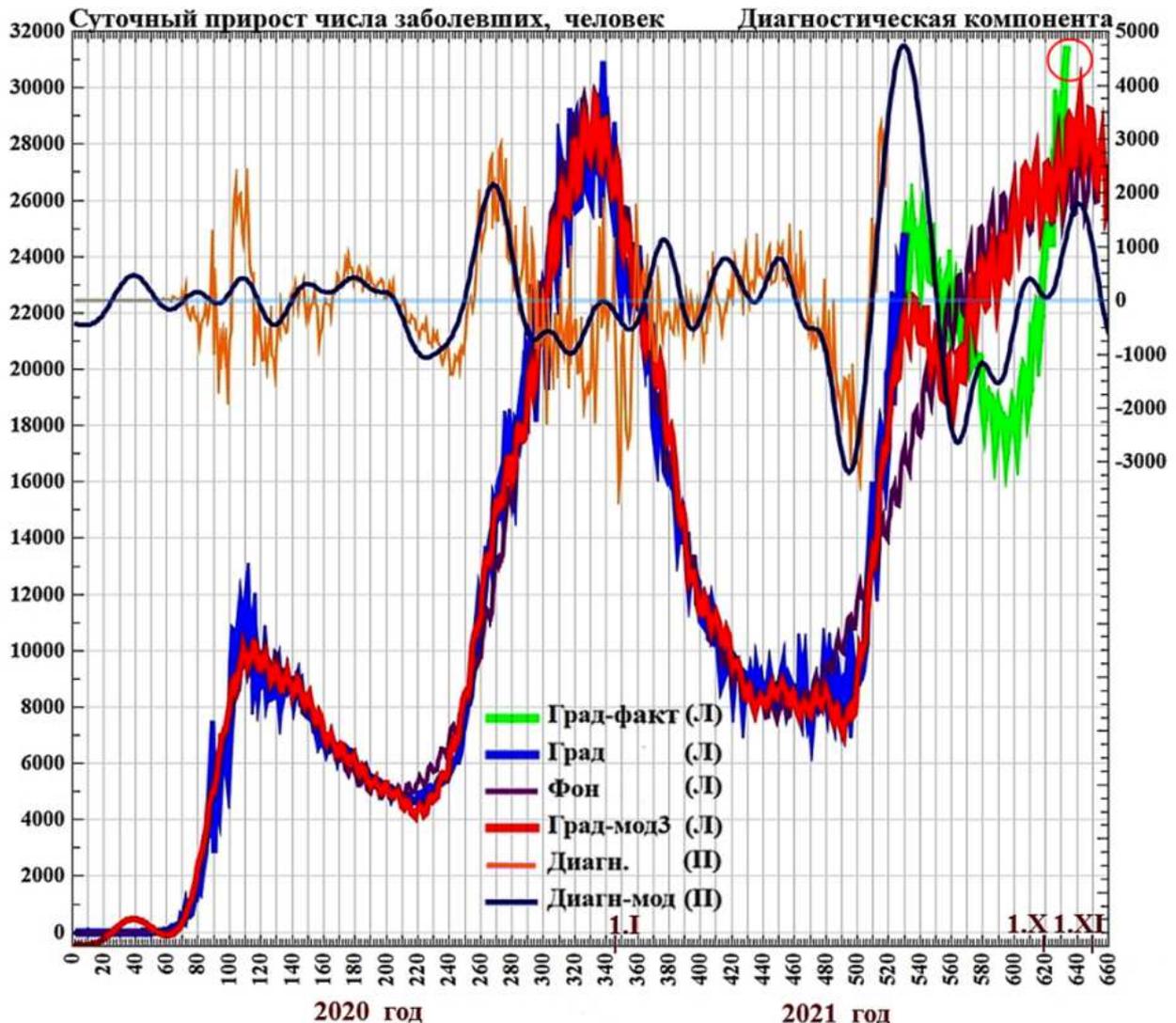


Рис. 7. Временной ход фактических и модельных величин суточного прироста числа заболевших в РФ, включая прогнозную часть модельного ряда

В целом, итоговая модель эпидемического процесса (№ 3) отражает, видимо, максимальные возможности формальной подгонки модельных величин к фактическим и глубины прогноза (по базе данных, завершающейся 04.07.2021 г.). В ходе дальнейших исследований необходимо привлекать всю вновь доступную базу данных, а не эксплуатировать эвристические возможности исходной базы.

Линейная регрессия фактических и итоговых модельных значений процесса представлена на рис. 8.

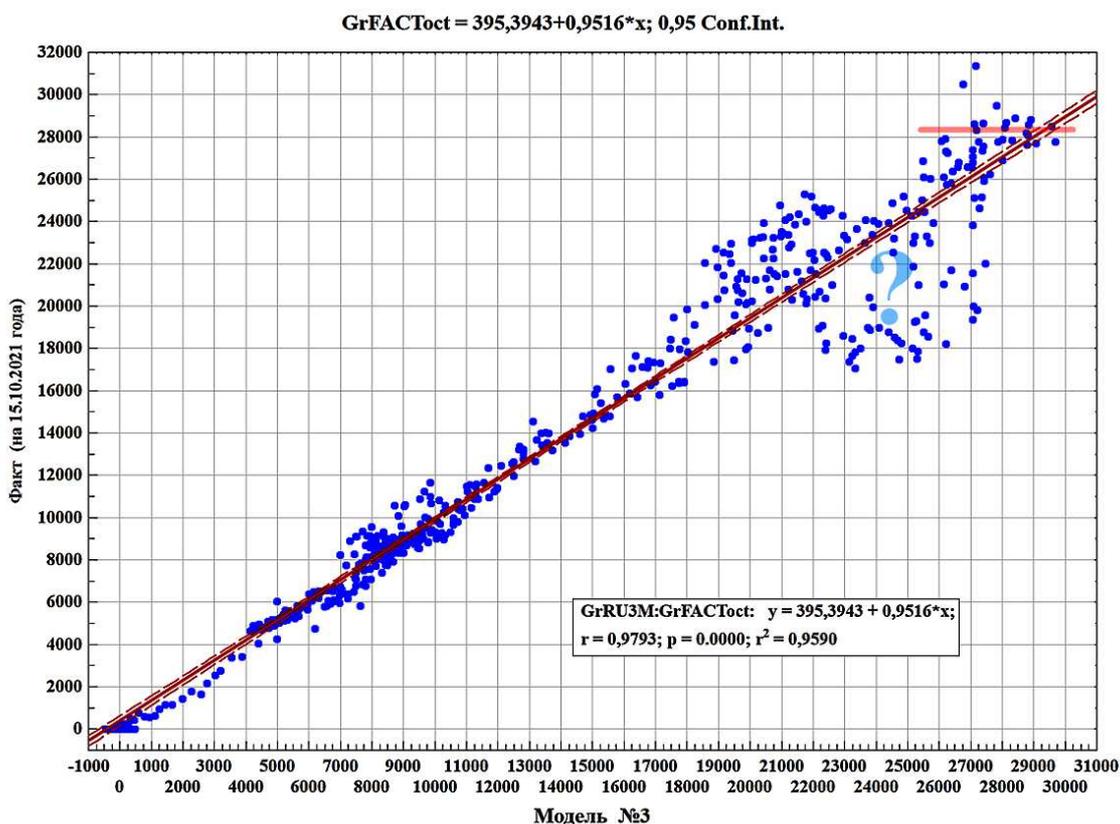


Рис. 8. Линейная регрессия фактических и модельных величин суточного прироста числа заболевших

Символом «?» на рис. 8 отмечена некая «статистическая аномалия», природа которой нам не известна. Особенности данной регрессии могут быть истолкованы следующим образом. Формирование модели временной динамики изучаемого процесса и порождаемого им поля коллективного поведения базируется на результатах спектрального анализа, то есть расчёта тех колебательных мод, на которые приходится основная доля общей дисперсии (энергии) процесса [3]. Включение в модель относительно низкочастотных мод позволяет увеличить глубину прогноза в ущерб его детализации (и наоборот). Поэтому, когда решается задача «прогноз трендов», в композицию модели процесса, особенно его диагностической части, вводятся средне- и низкочастотные моды, а наиболее высокочастотные моды применения не находят. Тем не менее, описание *экстремумов* поля, понимаемых алгоритмом как резонанс – наложение друг на друга – во времени колебательных мод, предполагает использования *всего* набора мод, установленных спектральным анализом. Игнорирование части мод определяет незавершённость «постройки» – неспособность описания данной моделью экстремальных значений поля. Поэтому выбор – таков: либо прогноз трендов по всему массиву данных без возможности корректного отображения амплитуд экстремальных значений поля (по сути, построение *сглаживающего* исходный ряд полинома), либо максимально детализированный прогноз поля на 7-10 шагов по ряду на основе 30-40 последних позиций и использования всего комплекса расчётных колебательных мод. В данной работе выбор сделан в пользу решения первой задачи.

Таким образом, возможности использования базы данных о величинах суточного прироста выявленного числа заболевших *COVID-19* в РФ (*JHU*), завершающейся 04.07.2021 года и рассматриваемой в качестве эмпирической основы анализа и прогноза временного хода эпидемического процесса, по-видимому, исчерпаны. Разработка новых моделей динамики процесса требует учёта всей совокупности фактических данных, доступных на дату начала исследований [4].

Текущая фаза эпидемии – осень 2021 года – связана с восходящим участком тренда и, видимо, ещё долго будет характеризоваться высокими значениями суточной заболеваемости. Прогноз времени и скорости кардинальной смены тренда и хода диагностической компоненты предполагает проведение нового цикла исследований.

### Список литературы

1. *Статистика: учебник / под ред. С.А. Орехова. – М.: Эксмо, 2010. – 448 с.*
2. *Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика / под ред. В.И. Дмитриева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 498 с.*
3. *Хемминг Р.В. Цифровые фильтры / пер. с англ. – Ред. пер. О.А. Потапов. – М.: Недра, 1987. – 221 с.*
4. *Мухин Н.А. Профессиональные болезни / Н.А. Мухин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 512 с.*

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАСТУПЛЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, Д.В. Трещев  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье рассмотрена математическая модель прогнозирования наступления неблагоприятной экологической ситуации в прилегающих к предприятию жилых зонах на основе данных автоматизированной системы. В результате матричного исполнения обрабатываемого информационного потока система мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона будет являться источником необходимой информации для экологически значимых управленческих решений, направленных на повышение качества атмосферного воздуха на различных уровнях управления.

Для прогнозирования наступления неблагоприятной экологической ситуации разработана автоматизированная система непрерывного контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ предприятий в атмосферу и водные объекты. Для того чтобы система оказалась эффективной, к ней предъявляется

ряд задач еще на этапе проектирования: объективность предоставляемой информации, зависящая, в свою очередь, как от составляющих потока обрабатываемой информации, так и от частоты опроса газоаналитических сенсорных блоков, территориально распределенных в пределах исследуемого промышленного региона, а также от пространственной структуры самой системы; достоверность прогнозов состояния атмосферного воздуха, предоставляемой системой в пределах исследуемого промышленного региона; качество принимаемых управленческих решений, в том числе касающихся вопросов, направленных на оптимальное распределение техногенных нагрузок на атмосферный воздух промышленного региона [1-2]. Принимая во внимание все вышеперечисленные требования, была сформирована модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения.

Данная модель состоит из 2-х частей:

1) модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения, обрабатываемого системой в момент времени  $t$ .

$$[p_{nk}(t)] = \begin{bmatrix} pP_1(t) & pP_2(t) & pP_3(t) & \dots & pP_k(t) \\ pt^\circ C_1(t) & pt^\circ C_2(t) & pt^\circ C_3(t) & \dots & pt^\circ C_k(t) \\ p\phi_1(t) & p\phi_2(t) & p\phi_3(t) & \dots & p\phi_k(t) \\ pV_{н.1}(t) & pV_{н.2}(t) & pV_{н.3}(t) & \dots & pV_{н.k}(t) \\ pUros_1(t) & pUros_2(t) & pUros_3(t) & \dots & pUros_k(t) \\ pC_1^1(t) & pC_2^1(t) & pC_3^1(t) & \dots & pC_k^1(t) \\ pC_1^2(t) & pC_2^2(t) & pC_3^2(t) & \dots & pC_k^2(t) \\ pC_1^3(t) & pC_2^3(t) & pC_3^3(t) & \dots & pC_k^3(t) \\ pC_1^i(t) & pC_2^i(t) & pC_3^i(t) & \dots & pC_k^i(t) \\ pC_{мод.1}^1(t) & pC_{мод.2}^1(t) & pC_{мод.3}^1(t) & \dots & pC_{мод.k}^1(t) \\ pC_{мод.1}^2(t) & pC_{мод.2}^2(t) & pC_{мод.3}^2(t) & \dots & pC_{мод.k}^2(t) \\ pC_{мод.1}^3(t) & pC_{мод.2}^3(t) & pC_{мод.3}^3(t) & \dots & pC_{мод.k}^3(t) \\ pC_{мод.1}^i(t) & pC_{мод.2}^i(t) & pC_{мод.3}^i(t) & \dots & pC_{мод.k}^i(t) \\ pМПА_1(t) & pМПА_2(t) & pМПА_3(t) & \dots & pМПА_k(t) \\ pКПСА_1(t) & pКПСА_2(t) & pКПСА_3(t) & \dots & pКПСА_k(t) \\ pNeispr_{.1}(t) & pNeispr_{.2}(t) & pNeispr_{.3}(t) & \dots & pNeispr_{.k}(t) \\ pTeh_{.1}(t) & pTeh_{.2}(t) & pTeh_{.3}(t) & \dots & pTeh_{.k}(t) \\ pSdn_1(t) & pSdn_2(t) & pSdn_3(t) & \dots & pSdn_k(t) \\ pSda_1(t) & pSda_2(t) & pSda_3(t) & \dots & pSda_k(t) \\ pSdf_1(t) & pSdf_2(t) & pSdf_3(t) & \dots & pSdf_k(t) \\ pSdo_1(t) & pSdo_2(t) & pSdo_3(t) & \dots & pSdo_k(t) \end{bmatrix}$$

где  $p_{nk}(t)$  – значение  $n$ -ого показателя, участвующего в информационном потоке в  $k$ -ой позиции исследуемого промышленного региона в момент времени  $t$ ;  $P$  – величина атмосферного давления в пределах исследуемого промышленного региона;  $T^\circ C$  – температура атмосферного воздуха промышленного региона;  $\phi$  – влажность атмосферного воздуха;  $V_{нk}$  – скорость и направление ветра;  $Ur.os.$  – величина уровня осадков;  $C_k^i$  – концентрация  $i$ -ого

загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позициях  $1 \dots k$  исследуемого промышленного региона, измеряемая газоаналитическими сенсорными блоками;  $C_{\text{мод},k}^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, полученная при помощи моделирования процессов загрязнения атмосферы при помощи унифицированных программ расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) с учетом параметров всех действующих источников выбросов исследуемого промышленного региона;  $\text{КПСА}_k$  – климатический потенциал атмосферы в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный за несколько лет в ретроперспективе;  $\text{Neispr}_{\cdot,k}$  – параметр, отвечающий за возникновение какой-либо неисправности в работе газоаналитических сенсорных блоков в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, датчик неисправности сработал – вектор неисправности имеет значение «1», датчик не сработал – «0»;  $\text{Teh}_{\cdot,n}$  – параметр, отвечающий за проведение процедуры технологического обслуживания газоаналитических сенсорных блоков в ИИиУС, (в том случае, если в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона газоаналитические сенсорные блоки подвергаются процедуре технологического обслуживания, то вектор технологического обслуживания  $\text{Teh}_{\cdot,n}$  в этой позиции имеет значение – «1», в противном случае – «0»);  $\text{Sdn}_n$  – параметр, отвечающий за срабатывание датчика нештатных ситуаций, (в том случае, если в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона датчик нештатных ситуаций сработал, то  $\text{Sdn}_n = 1$ , в противном случае – 0);  $\text{Sda}_n$  – параметр, отвечающий за срабатывание датчика аварийной ситуации на блоках газоаналитических сенсоров (если газоаналитический сенсорный блок, расположенный в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона подвергается аварийной ситуации, то вектор аварийной ситуации  $\text{Sda}_n$  в этой точке имеет значение – «1», в противном случае – «0»);  $\text{Sdo}_n$  – параметр, отвечающий за срабатывание датчика несанкционированного доступа на газоаналитическом сенсорном блоке, расположенном в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона (если на газоаналитическом сенсорном блоке, расположенном в точке  $n$  исследуемого промышленного региона был зафиксирован несанкционированный доступ, то вектор несанкционированного доступа  $\text{Sdo}_n$  в этой точке имеет значение – «1», в противном случае – «0»).

2) модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на время  $(t+\tau)$ :

$$[p_{nk}(t+\tau)] = \begin{bmatrix} pC_{\text{пр},1}^1(t+\tau) & pC_{\text{пр},2}^1(t+\tau) & pC_{\text{пр},3}^1(t+\tau) & \dots & pC_{\text{пр},k}^1(t+\tau) \\ pC_{\text{пр},1}^2(t+\tau) & pC_{\text{пр},2}^2(t+\tau) & pC_{\text{пр},3}^2(t+\tau) & \dots & pC_{\text{пр},k}^2(t+\tau) \\ pC_{\text{пр},1}^3(t+\tau) & pC_{\text{пр},2}^3(t+\tau) & pC_{\text{пр},3}^3(t+\tau) & \dots & pC_{\text{пр},k}^3(t+\tau) \\ pC_{\text{пр},1}^i(t+\tau) & pC_{\text{пр},2}^i(t+\tau) & pC_{\text{пр},3}^i(t+\tau) & \dots & pC_{\text{пр},k}^i(t+\tau) \\ p\text{МПА}_{\text{пр},1}(t+\tau) & p\text{МПА}_{\text{пр},2}(t+\tau) & p\text{МПА}_{\text{пр},3}(t+\tau) & \dots & p\text{МПА}_{\text{пр},k}(t+\tau) \end{bmatrix},$$

где  $C_{\text{пр},k}^i$  – концентрация  $i$ -ого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, полученная в

результате прогнозирования процессов загрязнения атмосферы на момент времени  $t+\tau$ ;  $МПА_k$  – метеорологический потенциал атмосферы в точке  $n$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный на некоторый период времени  $t+\tau$ ;  $КПСА_k$  – климатический потенциал атмосферы в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный за несколько лет в ретроперспективе;  $МПА_{\text{прогн.}k}$  – метеорологический потенциал атмосферы в позиции  $k$  исследуемого промышленного региона, рассчитанный на непродолжительную перспективу.

В конечном итоге, объединяя эти две модели, получим модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения:

$$[p_{nk}(t + \tau)] = \begin{bmatrix} pt^{\circ}C_1(t) & pt^{\circ}C_2(t) & pt^{\circ}C_3(t) & \dots & pt^{\circ}C_k(t) \\ p\phi_1(t) & p\phi_2(t) & p\phi_3(t) & \dots & p\phi_k(t) \\ pV_{н.1}(t) & pV_{н.2}(t) & pV_{н.3}(t) & \dots & pV_{н.k}(t) \\ pUros_1(t) & pUros_2(t) & pUros_3(t) & \dots & pUros_k(t) \\ pC_1^1(t) & pC_2^1(t) & pC_3^1(t) & \dots & pC_k^1(t) \\ pC_1^2(t) & pC_2^2(t) & pC_3^2(t) & \dots & pC_k^2(t) \\ pC_1^3(t) & pC_2^3(t) & pC_3^3(t) & \dots & pC_k^3(t) \\ pC_1^i(t) & pC_2^i(t) & pC_3^i(t) & \dots & pC_k^i(t) \\ pC_{\text{мод.}1}^1(t) & pC_{\text{мод.}2}^1(t) & pC_{\text{мод.}3}^1(t) & \dots & pC_{\text{мод.}k}^1(t) \\ pC_{\text{мод.}1}^2(t) & pC_{\text{мод.}2}^2(t) & pC_{\text{мод.}3}^2(t) & \dots & pC_{\text{мод.}k}^2(t) \\ pC_{\text{мод.}1}^3(t) & pC_{\text{мод.}2}^3(t) & pC_{\text{мод.}3}^3(t) & \dots & pC_{\text{мод.}k}^3(t) \\ pC_{\text{мод.}1}^i(t) & pC_{\text{мод.}2}^i(t) & pC_{\text{мод.}3}^i(t) & \dots & pC_{\text{мод.}k}^i(t) \\ pC_{\text{пр.}1}^1(t + \tau) & pC_{\text{пр.}2}^1(t + \tau) & pC_{\text{пр.}3}^1(t + \tau) & \dots & pC_{\text{пр.}k}^1(t + \tau) \\ pC_{\text{пр.}1}^2(t + \tau) & pC_{\text{пр.}2}^2(t + \tau) & pC_{\text{пр.}3}^2(t + \tau) & \dots & pC_{\text{пр.}k}^2(t + \tau) \\ pC_{\text{пр.}1}^3(t + \tau) & pC_{\text{пр.}2}^3(t + \tau) & pC_{\text{пр.}3}^3(t + \tau) & \dots & pC_{\text{пр.}k}^3(t + \tau) \\ pC_{\text{пр.}1}^i(t + \tau) & pC_{\text{пр.}2}^i(t + \tau) & pC_{\text{пр.}3}^i(t + \tau) & \dots & pC_{\text{пр.}k}^i(t + \tau) \\ pМПА_1(t) & pМПА_2(t) & pМПА_3(t) & \dots & pМПА_k(t) \\ pКПСА_1(t) & pКПСА_2(t) & pКПСА_3(t) & \dots & pКПСА_k(t) \\ pМПА_{\text{пр.}1}(t + \tau) & pМПА_{\text{пр.}2}(t + \tau) & pМПА_{\text{пр.}3}(t + \tau) & \dots & pМПА_{\text{пр.}k}(t + \tau) \\ pNeispr_{.1}(t) & pNeispr_{.2}(t) & pNeispr_{.3}(t) & \dots & pNeispr_{.k}(t) \\ pTeh_{.1}(t) & pTeh_{.2}(t) & pTeh_{.3}(t) & \dots & pTeh_{.k}(t) \\ pSdn_1(t) & pSdn_2(t) & pSdn_3(t) & \dots & pSdn_k(t) \\ pSda_1(t) & pSda_2(t) & pSda_3(t) & \dots & pSda_k(t) \\ pSdf_1(t) & pSdf_2(t) & pSdf_3(t) & \dots & pSdf_k(t) \\ pSdo_1(t) & pSdo_2(t) & pSdo_3(t) & \dots & pSdo_k(t) \end{bmatrix}$$

Матрица информационного потока наглядно демонстрирует входящие метеопараметры и концентрации загрязняющих веществ с постов стационарного наблюдения в момент времени  $t$ . Одновременно с этим в этот же момент времени  $t$  система осуществляет математическое моделирование загрязнения и выдает картину прогноза загрязнения на момент времени  $t+\tau$ .

Математическое моделирование загрязнения в системе осуществляется посредством математических моделей. Наличие в системе нескольких

математических моделей, позволяет осуществлять моделирование загрязнения атмосферного воздуха с большей точностью за счет использования определенной модели в конкретных условиях исследуемой территории. «Правильность» применения той или иной математической модели оценивается в системе при помощи коэффициента расхождения, определяемого соотношением значений концентраций загрязняющих веществ, полученных в результате компьютерного моделирования в момент времени  $t$  с концентрацией загрязняющих веществ, полученных экспериментальным путем (с системы экологических датчиков) [3-4].

Моделирование загрязнения осуществляется на базе унифицированных программ расчета загрязнения атмосферы, например, «Эколог», «Призма» и других.

Отличительной особенностью системы является ее функциональная возможность в области районирования территорий в зависимости от метеоусловий, которые формируются в пределах исследуемого промышленного региона. Матрица информационного потока описывает показатели текущего районирования, на ближайшую перспективу и в ретроперспективе. Результаты районирования территорий могут найти свое применение при распределении техногенных нагрузок на атмосферный воздух промышленного региона.

*Статья подготовлена при поддержке ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» в рамках гранта ректора для поддержки молодых ученых, проект «Разработка математических моделей прогнозирования неблагоприятной экологической ситуации на промышленно развитых территориях».*

### **Список литературы**

1. Петраш А.И. *Методология системного рассмотрения мониторинга* / А.И. Петраш // *Материалы научно-практ. конф. «Проблемы управления качеством окружающей среды городов».* – М.: Наука, 1995. – С. 34-35.
2. Панарин В.М. *Определение составляющих информационного потока в системе мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона* / В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова, С.А. Савинкова // *Экологические системы и приборы.* – 2021. – № 6. – С. 9-14..
3. Панарин В.М. *Автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий* / М.В. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова, В.М. Панарин // *Экология и промышленность России.* – 2021. – Т. 25, № 6. – С. 44-48.
4. Пушилина Ю.Н. *Модели распространения загрязнения в окружающей среде* / Ю.Н. Пушилина [и др.] // *Экологически устойчивое развитие центрального федерального округа: докл. науч.-практ. форума* / Под общ. ред. д.т.н., проф. Панарина В.М. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. – С.48-50.

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА COVID-19 В АРЕАЛЕ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

А.А. Хадарцев, А.В. Волков  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Сформулированы закономерности динамики эпидемии COVID-19 в ареале государств Восточной Европы по результатам анализ 1D-2D графических моделей полей изменения индикаторов ситуации. Анализ информации, агрегируемой JHU, реализация целей и задач исследования потребовала привлечения не только надёжных данных, эффективных способов и методов их математической обработки и графической визуализации, т. е. методологии обработки данных, но и опоры на глубокие основания исследований.

Летом 2021 года нами выполнен анализ и прогноз временной структуры фаз эпидемического процесса COVID-19, разворачивающегося в Российской Федерации. Возникает вопрос: как связаны сформулированные заключения с ходом тех компонент изучаемого поля поведения, которые в работе интерпретируются как диагностические? Другими словами, если данные компоненты поля названы диагностическими, то каковы их эвристические возможности?

В дальнейшем расчёте использованы представленные в свободном доступе данные ресурса «JHU CSSE COVID-19 Dataset» ([https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse\\_covid\\_19\\_data/csse\\_covid\\_19\\_time\\_series/time\\_series\\_covid19\\_confirmed\\_global.csv](https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series/time_series_covid19_confirmed_global.csv)).

При этом основное внимание уделено следующим государствам Восточной Европы (Country (Lat, Long)): *Russia* (61.524,105.319), *Romania* (45.943, 24.967), *Poland* (51.919, 19.145), *Ukraine* (48.379, 31.166).

Величины длины дуги в один градус по линиям «запад → восток» и «юг → север» приняты по данным интернет-ресурса [https:// www.kakras.ru/mobile/book/dlina-dugi.html](https://www.kakras.ru/mobile/book/dlina-dugi.html).

Для проведения межгосударственных сопоставлений соответствующие ряды наблюдений были *нормализованы*: из каждого значения ряда вычиталась величина его математического ожидания ( $M$ ) и результат делился на величину среднего квадратического отклонения ряда ( $SD$ ; рис. 1).

Lock	Variable	Long variable (series) name
L	GrRUnorm	=(GrRU-10480;546314)/7823;297764
L	GrRmnorm	=(GrRm-2043;385633)/2383;079584
L	GrPInorm	=(GrPI-5444;7448015)/7857;6400204
L	GrUknorm	=(GrUk-4355;9754253)/4790;1383953

Рис. 1. Пример нормализации рядов суточного прироста заболевших (Gr) для некоторых государств Восточной Европы

Используемые для нормализации статистики национальных рядов суточного прироста заболевших ( $Gr$ ), скорости суточного прироста заболевших ( $VGr$ ) и удельной – в расчёте на одного заболевшего – скорости прироста их числа ( $UdGr$ ) приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Расчётные величины основных статистик национальных рядов

Обозначение	Параметр производной поля (расчёт по данным $JHU$ )											
	Суточный прирост, $Gr$				Скорость прироста, $VGr$				Удельный (на 1 чел.) прирост, $UdGr$			
	Исходный		Нормализован.		Исходный		Нормализован.		Исходный		Нормализован.	
Статистики	$M$	$SD$	$Min$	$Max$	$M$	$SD$	$Min$	$Max$	$M$	$SD$	$Min$	$Max$
Россия (61,52)	10480,546	7823,298	-1,340	2,431	46,767	625,069	-3,423	5,035	0,0256	0,0605	-0,423	11,015
Румыния (45,94)	2043,386	2383,080	-0,857	3,452	0,0625	793,053	-4,852	5,124	0,0250	0,0621	-0,402	10,337
Польша (51,92)	5444,745	7857,640	-0,693	3,794	0,1042	2534,958	-6,855	6,995	0,0267	0,0637	-0,419	12,136
Украина (48,38)	4355,975	4790,138	-0,909	3,361	1,5644	1355,349	-4,869	4,674	0,0264	0,0647	-0,409	9,895

В скобках указана характеризующая территорию географическая широта.  
 Вид нормализации параметра:  $X_i \text{ норм} = (X_i - M_x) / SD_x$ , где  $M_x$  – величина математического ожидания ряда (выборки),  $SD_x$  – величина среднего квадратического отклонения ряда (выборки). Объём выборки – 529 значений ( $d = 1 \dots 530$ ;  $d = 1 - 22.01.2020$  г.).  
 При расчётах статистик рядов  $UdGr$  удалены единственный «ураганный выброс» в начале ряда.  
 Для нормализованных параметров  $M = 0$ ,  $SD = 1$ .

Дальнейшая трансформация данных ( $Gr$ ,  $VGr$ ,  $UdGr$ ) состояла в сглаживании рядов скользящим окном длиной 31 или 35 позиций с весами Р.У. Хэмминга [1-3]. Анализу подлежали даты (в единицах исчисления рядов  $d$ , где  $d = 1$  соответствует 22.01.2020 году) локализации экстремальных значений поля – максимумов и минимумов – в границах так называемых первой, второй и третьей волн эпидемии в каждом из рассматриваемых государств.

Временной ход нормализованных и сглаженных рядов суточного прироста числа заболевших в некоторых государствах Восточной Европы, включая Россию, представлен на рис. 2 и 3.

Анализ представленных на рис. 2-3 рядов позволяет сделать ряд предварительных заключений об особенностях временной динамики переменных и на этой основе сформулировать гипотезу и алгоритм дальнейшей обработки данных.

1. Скорость распространения эпидемии, очевидно, никак не является постоянной – и с точки зрения фазы процесса, и с позиции параметра, по которому ведётся оценка, и с позиции рассматриваемой территории.

2. Поэтому речь следует вести исключительно о самой грубой, усреднённой оценке – какое расстояние по меридиану (направление «юг → север») и параллели (направление «запад → восток») волна проходит за одни сутки либо за какое время волна проходит один градус по долготе и широте. Подобные оценки могут служить лишь в качестве *первого приближения* более корректных оценок.

3. Указанные оценки могут быть получены по графикам (1D моделям процесса) как отношение диапазона, исчисляемого в днях, который полностью включает в себя все 4, в отдельных случаях 3, экстремума – сближенных по времени максимумов или минимумов отдельных территорий, к диапазону по широте или

долготе, который характеризует принятые к рассмотрению национальные территории (или по обратным соотношениям). Для перехода к километрам учитывается длина соответствующей дуги – широты или долготы – в один градус.

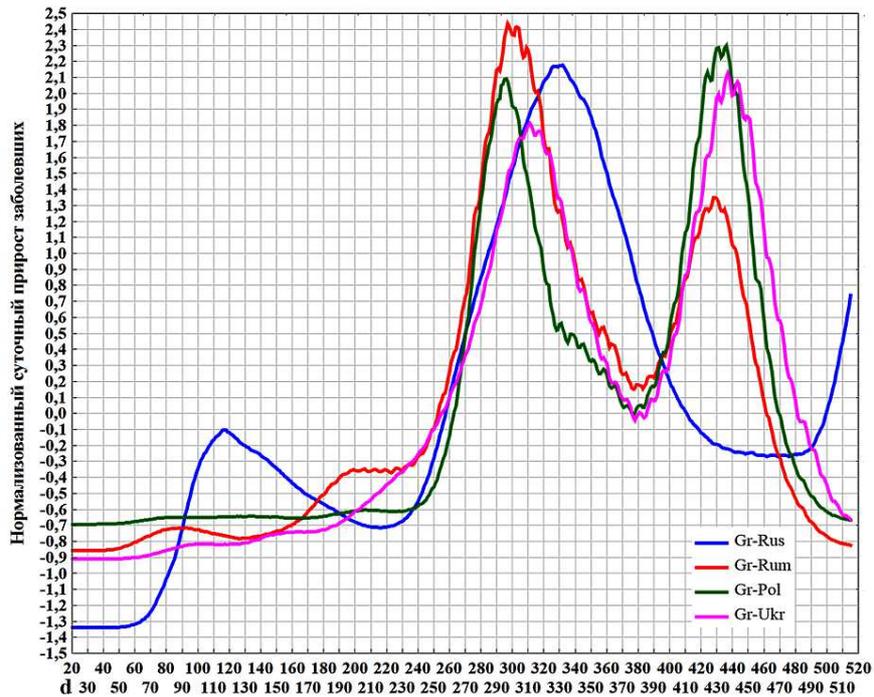


Рис. 2. Временной ход нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)

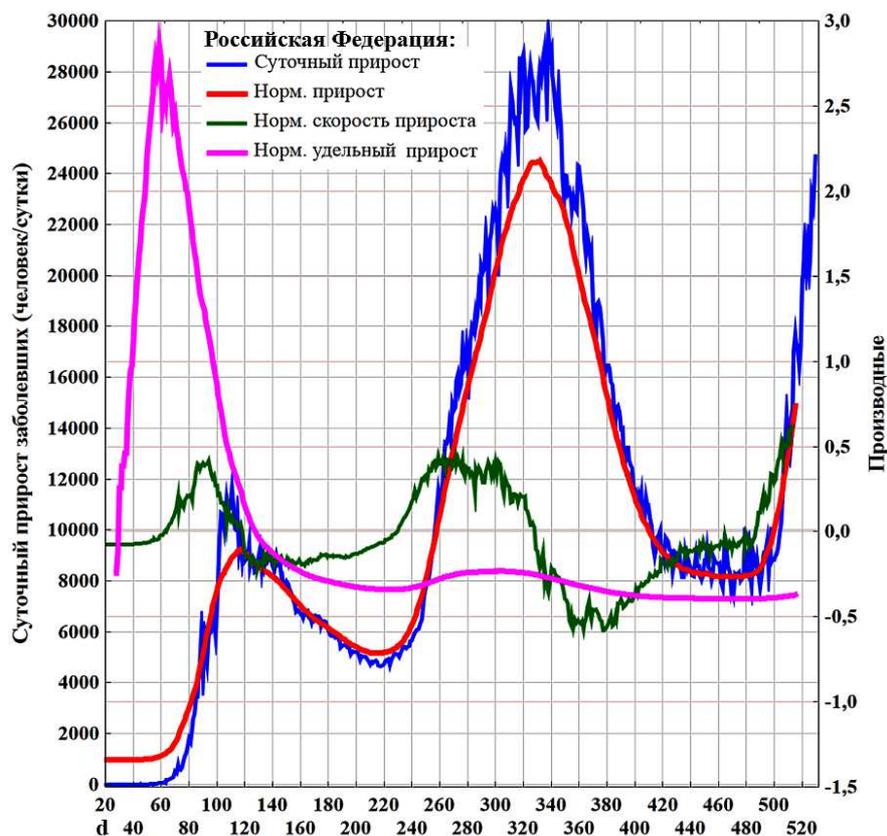


Рис. 3. Временной ход нормализованных рядов удельного суточного прироста заболевших COVID-19 в Российской Федерации

4. Кроме того, подобные оценки возможны по 2D моделям поля – по рисункам линейной интерполяции смещения волны на данном временном интервале. В этом варианте анализу подлежит подходящая единая фаза волны. Наконец, в отдельных случаях оценку можно получить по визуализации поля методом *Wafer*-графики (по 3D моделям поля).

Расчёт скорости распространения волны в пределах национальных территорий в направлении «юг → север» и «запад → восток» (км/сутки) по различным параметрам эпидемиологического процесса за время  $d = 1...530$  рассмотрен далее.

В качестве примера, на рис. 4 показан фрагмент временного хода нормализованных величин суточного прироста заболевших в некоторых государствах Восточной Европы в интервале  $d = 20...240$ .

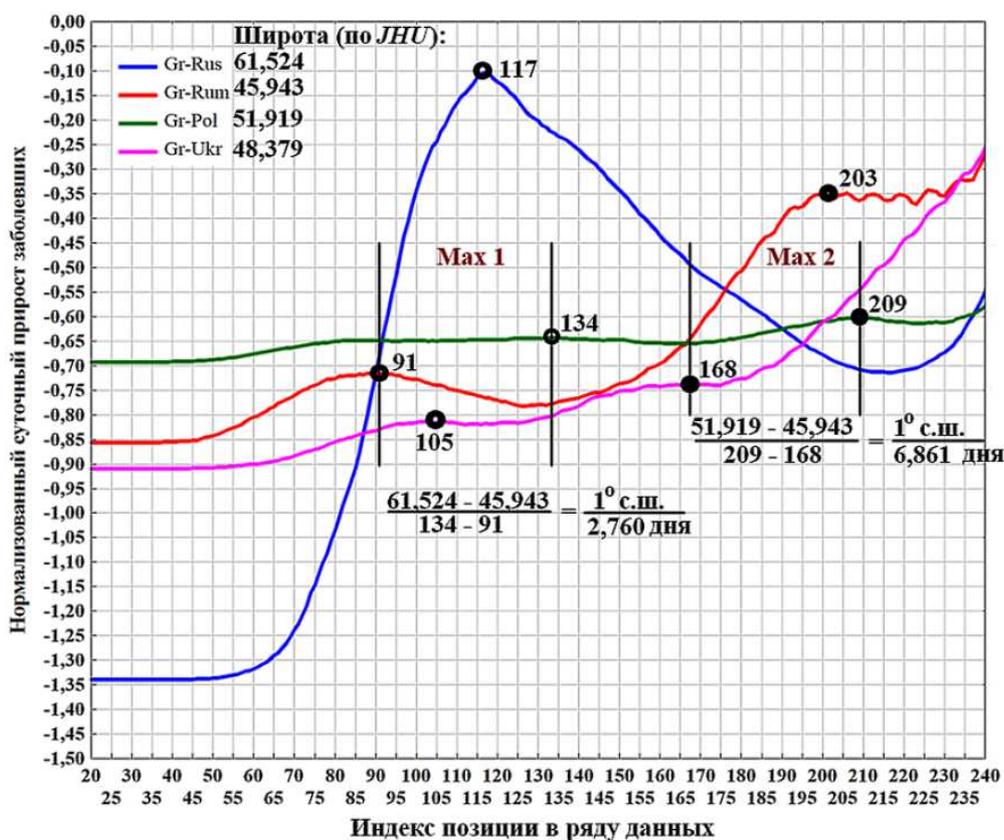


Рис. 4. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)

Согласно стандартным таблицам длины дуги в один градус в направлении «юг → север» (с изменением географической широты) и в направлении «запад → восток» (с изменением географической долготы), для опорной широты 52° с.ш. в первом случае длина дуги составляет около 111,324 км, а во втором – 68,679 км. Поэтому, по данным *первого* максимума (рис. 4, *Max 1*), в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 40,3 км, в направлении «запад → восток» – около 137,6 км (согласно базе данных JHU, долгота РФ составляет 105,319 в.д. и принята таковой в данном расчёте).

По данным *второго* максимума, в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 16,2 км, в направлении «запад → восток» – около 20,1 км (в последнем случае параметры РФ не учитывались; см. рис. 4, *Max 2*).

Вектор пространственного смещения эпидемической волны в интервале дат  $d = 295...335$ , подобно стрелке компаса, приблизительно отражает рис. 5.

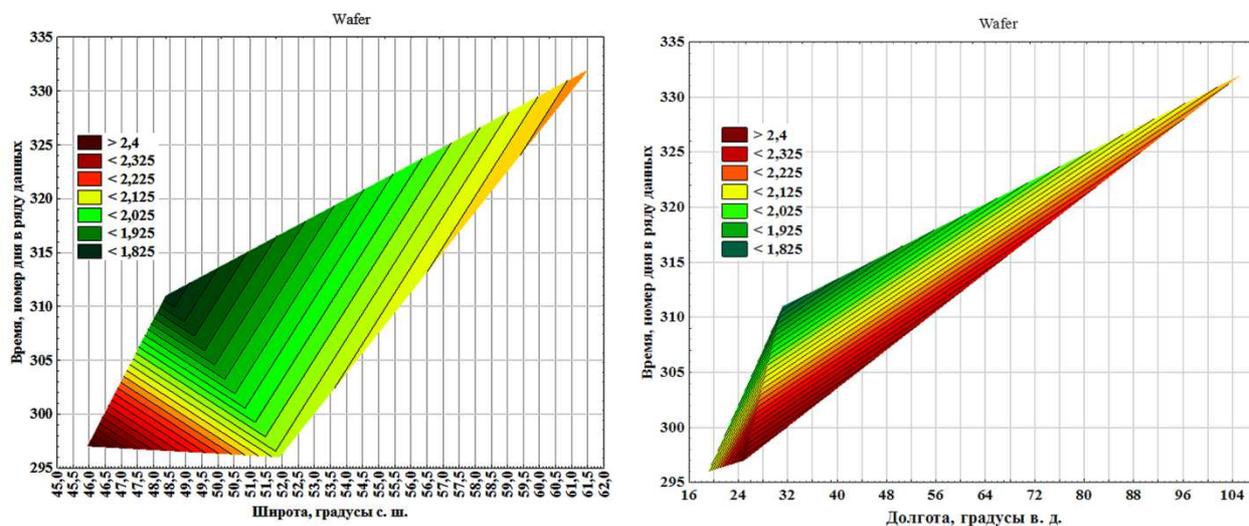


Рис. 5. 2D образы распространения эпидемической волны в пространстве в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr) в интервале дат  $d = 295...335$

Согласно рис. 5 (слева), в целом, именно в направлении с юга Восточной Европы на север происходит диссипация «сигнала» – от его максимальных величин к минимальным. Модель движения волны в направлении «запад → восток» (рис. 5, справа) примечательна в том отношении, что значительный интервал по долготе характеризует приблизительно единая фаза волны, которой соответствует весьма малый амплитудный градиент (на рисунке: переход от насыщенно красного тона к оранжевому). Это позволяет утвердиться в мысли, что скорости распространения волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток» различаются: по второму направлению скорость больше, чем по первому (что подтверждают расчётные данные).

Кроме того, принципиально важно, что оценка скорости распространения волны не требует привлечения амплитудных значений поля, характеризующих те или иные фазы процесса (напомним, что мы работаем не только с нормализованными, но и с сглаженными данными, организованными в виде временных рядов). Важно, чтобы учёту подлежали единые фазы процесса (по группе территорий), т.е. либо сближенные минимумы, либо максимумы. Далее внимание уделяется диапазону по широте или долготе (с учётом длины дуги в одни градус), который характеризует данные национальные территории.

При этом заявленная ранее невысокая точность получаемых оценок позволяет делить, например, полный диапазон по широте  $\Delta\varphi = 61,5240 - 45,9432$  (если оцениваются экстремумы всех четырёх государств) на полное  $\Delta d$ , заключающего внутри себя данные экстремумы. При этом какая национальная

волна проходила соответствующий экстремум первой, а какая – последней, не учитывается. Итогом является приближённая оценка некоторой «средней» скорости распространения волны в указанном диапазоне географических координат, которая складывается из больших (для одних государств) и меньших (для других государств) величин скорости.

Вполне понятно, что алгоритм может быть скорректирован для получения более адекватных оценок скорости распространения эпидемической волны.

Расчёт скорости волны по данным следующего набора максимумов нормализованного суточного прироста заболевших в государствах Восточной Европы в интервале дат  $d = 340...515$  представлен на рис. 6.

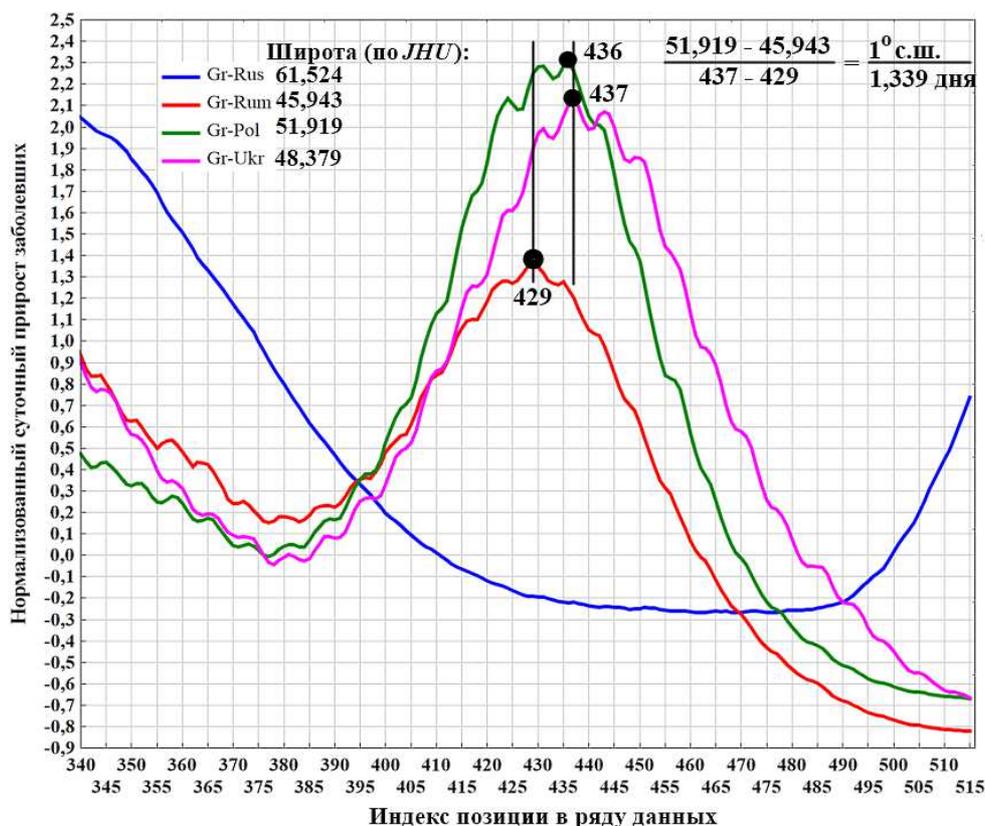


Рис. 6. Оценка скорости распространения эпидемиологической волны в пространстве по графикам нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)

Итак, по данным рассмотренного максимума, в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 83,1 км, в направлении «запад → восток» – около 103,2 км (в данном случае параметры РФ не учитывались).

Пример использования 2D графических моделей для получения обсуждаемых оценок скорости эпидемиологической волны показан на рис. 7.

Укажем, что на рис. 7 представлена линейная интерполяция данных в силу того обстоятельства, что представительность данных по времени (параметру  $d$ ) и по широте (долготе) принципиально неодинакова: 529 позиций против 4(3). Поэтому более сложные методы интерполирования данных и визуализации поля в данном случае невозможны, за исключением т.н. *Wafer*-графики. Но и к результатам применения последнего метода стоит относиться критически.

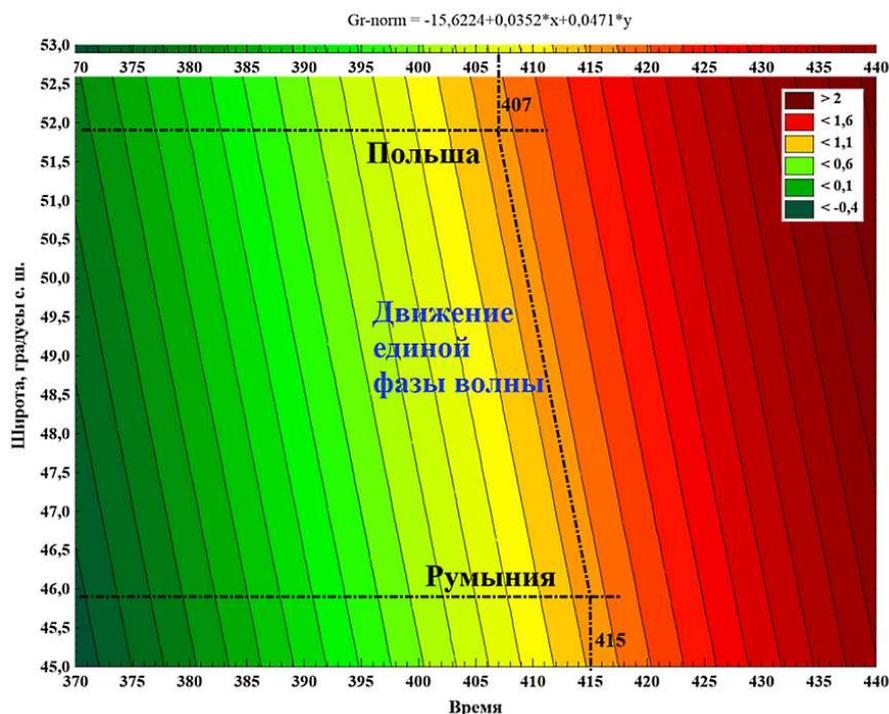


Рис. 7. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по координатам единой фазы процесса 2D графической модели изменения суточного прироста заболевших COVID-19 в Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)

Подчеркнём, что основу подобных оценок пространственной скорости распространения эпидемической волны могут составить и графические модели временной динамики скорости изменения суточного прироста заболевших в границах национальных территорий (ряды типа  $VGr$ ), а также модели временной динамики удельных величин суточного прироста заболевших (ряды типа  $UdGr$ ). В данной публикации эти расчёты не приводятся.

Итак, промежуточным результатом расчёта является массив оценок скорости распространения эпидемической волны в ареале Восточной Европы, полученных по 1D и 2D моделям различных индикаторов эпидемической ситуации и приуроченных к различным датам в диапазоне  $d = 1...530$ .

Изменение расчётных величин скорости пространственного распространения эпидемической волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток» во времени, в сопоставлении с данными РФ, показано на рис. 8.

Согласно рис. 8, рассчитанная по рядам нормализованных значений суточного прироста заболевших, скорости суточного прироста и удельной – в расчёте на одного человека – величины суточного прироста *пространственная скорость* распространения волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток», в целом, повторяет динамику самой волны во времени, характеризуемую *всей совокупностью* параметров. То есть, максимумы и минимумы всех графиков приходятся на *близкие* интервалы дат. В частности, максимальному суточному приросту заболевших в РФ, отмеченному в окрестности  $d = 320...340$ , *предшествовала* максимальная скорость распространения волны в пространстве в окрестности  $d = 280...300$  ( $V_{ЮС} = 163$  км/сутки). Соответственно, минимальному приросту заболевших в окрестности  $d = 220$  предшествовала и минимальная

скорость  $d = 190$  ( $V_{ЮС} = 16,2$  км/сутки). В целом, лаг между экстремумами рядов составляет около 30...50 суток (1-1,5 месяца).

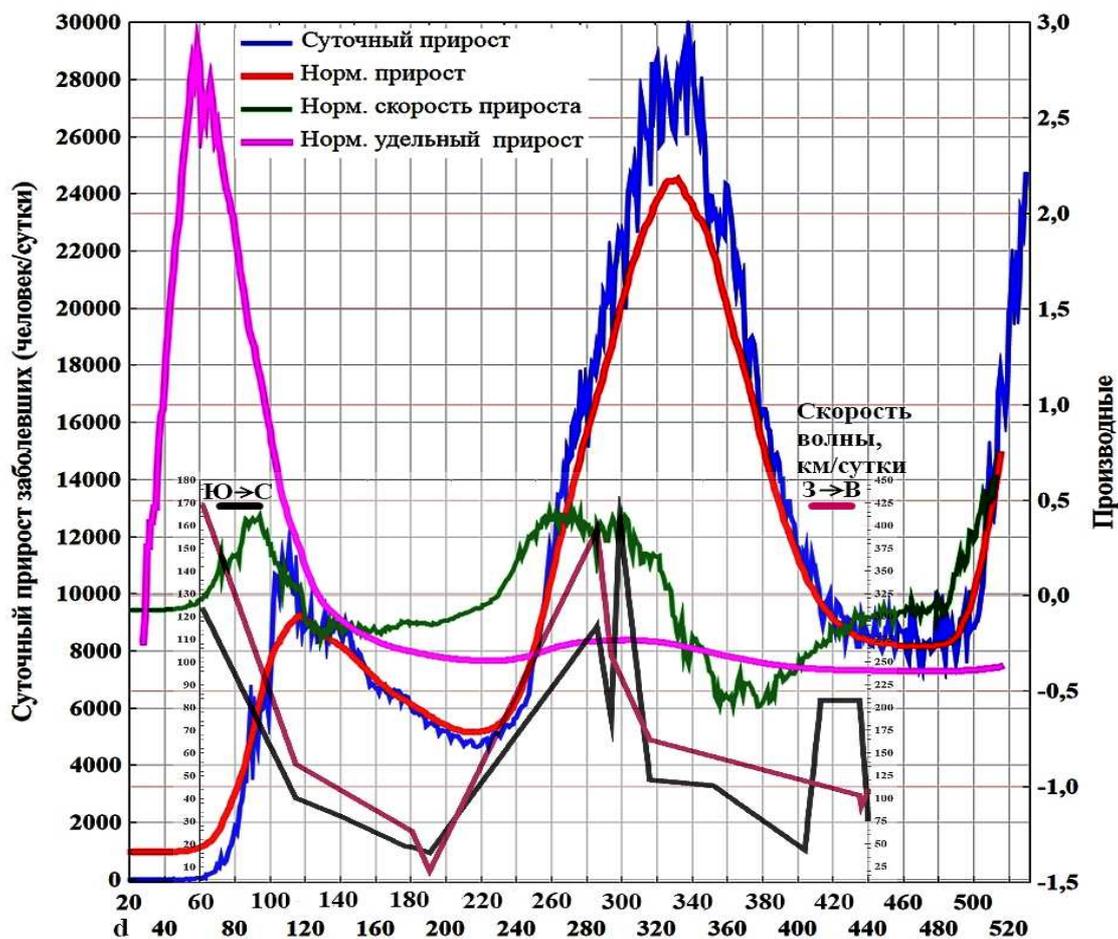


Рис. 8. Графики изменения скорости распространения эпидемической волны в пространстве с течением времени в сопоставлении с российскими индикаторами процесса

Что же касается позиции  $d = 440$ , то, возможно, пространственная скорость распространения волны продолжила снижаться и после этой даты (о чём косвенно свидетельствует ослабление эпидемиологических ограничений в ЕС), и прошла свой минимум в районе позиции  $d = 480...490$ , что вновь опередило снижение суточного прироста заболевших в РФ.

Отметим, что высокие скорости распространения волны в направлении «запад → восток» определяются, помимо других факторов, той опорной величиной географической долготы, которая принята в базе данных JHU. При учёте только европейской территории РФ (ЕТС) с максимальной плотностью населения и социальных коммуникаций, оценка скорости была бы ниже, поскольку за учитываемый временной интервал ( $t$ ) волне требовалось преодолеть меньшее расстояние:  $V \cdot t \approx L$ , где  $V$  – оценка скорости волны,  $t$  – время,  $L$  – расстояние или длина волны.

В целом, оценка пространственной скорости распространения эпидемиологической волны – сложная задача, которая, безусловно, требует более подробных расчётов.

Основные статистики параметра  $V_{ЮС}$  представлены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические параметры массива скоростей  $V_{ЮС}$

Descriptive Statistics (COVID-Hopk-5)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev. SD	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
VF	17	62,92941	16,20000	162,5000	1812,011	42,56772	67,64360	10,32419	0,862717	0,549747	0,201522	1,06319

Таким образом,  $V_{ЮС} = V_{cp.} \pm t_{\gamma} \cdot \sigma / n^{1/2} = 62,929 \pm (1,96 \cdot 42,568) / 17^{1/2} = 62,929 \pm 29,915$  км/сутки.

Гистограмма данной выборки представлена на рис. 9.

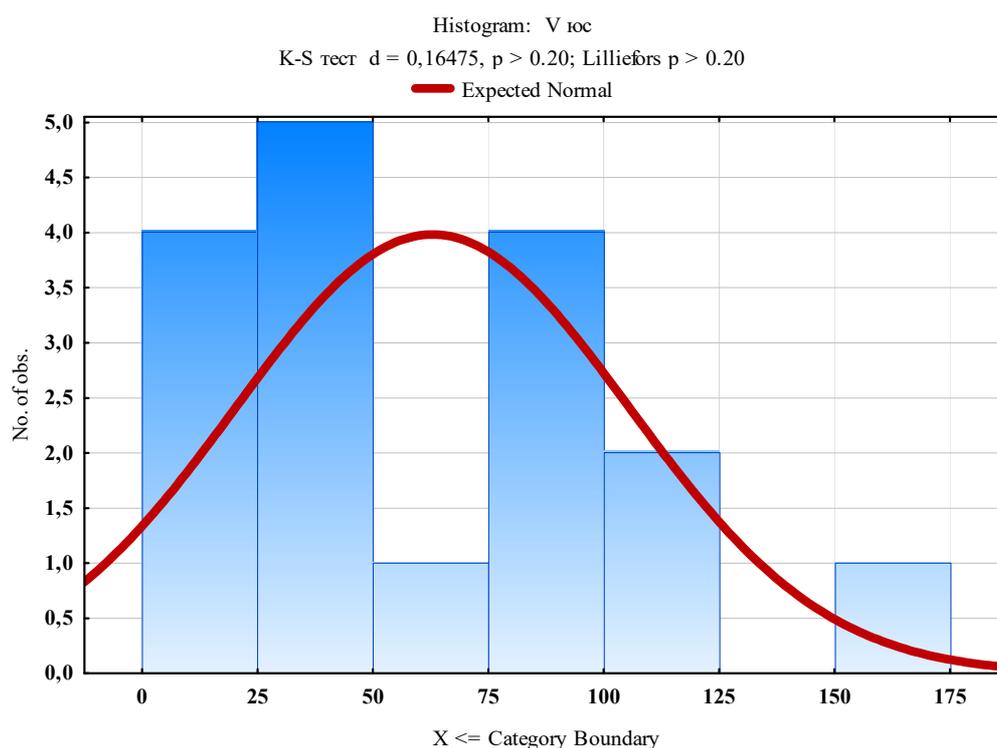


Рис. 9. Гистограмма выборки  $\{V_{ЮС}\}$  с нанесённым законом распределения данных

Сводная таблица расчётных скоростей распространения эпидемиологической волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток», рассчитанных по различным параметрам поля, представлена в табл. 3.

Таким образом, в исследовании получены оценки скорости распространения эпидемической волны в ареале Восточной Европы в направлениях «юг → север» и «запад → восток», которые потребовали привлечения к анализу 1D и 2D графических моделей временного хода нормализованных и сглаженных рядов суточного прироста заболевших ( $Gr$ ), скорости суточного прироста заболевших ( $VGr$ ) и удельной – в расчёте на одного заболевшего – скорости прироста их числа. Установлено, что, в целом, динамика *скорости* распространения волны повторяет временную динамику самой волны, характеризуемую комплексом параметров. На примере РФ показано, что максимальному суточному приросту заболевших *предшествует* максимальная скорость распространения волны в пространстве.

Лаг между экстремумами рядов составляет около 30-50 суток (1-1,5 месяца). Средняя величина скорости распространения волны в направлении «юг → север» равна  $V_{ЮС} = 62,929 \pm 29,915$  км/сутки.

Таблица 3

Характеристики массива скоростей распространения эпидемической волны в пространстве Восточной Европы

Оценки скорости распространения эпидемической волны, км/сутки							
юг → север				запад → восток			
Параметр	Значение	$\Delta d$	$d_{cp}$	Параметр	Значение	$\Delta d$	$d_{cp}$
<i>Gr</i>	40,3	91-134	113	<i>Gr</i>	137,6	91-134	113
<i>Gr</i>	16,2	168-209	189	<i>Gr</i>	20,1	168-209	189
<i>Gr</i>	48,2	296-332	314	<i>Gr</i>	164,3	296-332	314
<i>Gr</i>	83,1	429-437	433	<i>Gr</i>	103,2	429-437	433
<i>Gr</i>	83,2	407-415	412				
<i>Gr</i>	83,1	407-414	411				
<i>VGr</i>	115,6	276-291	284	<i>VGr</i>	394,7	276-291	284
<i>VGr</i>	31,5	410-465	438	<i>VGr</i>	107,6	410-465	438
<i>VGr</i>	162,5	292-301	297				
<i>VGr</i>	45,7	334-366	350				
<i>VGr</i>	17,4	360-444	402				
<i>UdGr</i>	123,8	53-67	60	<i>UdGr</i>	423,9	53-67	60
<i>UdGr</i>	18,7	132-225	179	<i>UdGr</i>	63,7	132-225	179
<i>UdGr</i>	32,1	112-166	139				
<i>UdGr</i>	19,1	129-220	175				
<i>UdGr</i>	75,4	280-303	292	<i>UdGr</i>	257,2	280-303	292
<i>UdGr</i>	73,9	430-437	434	<i>UdGr</i>	91,7	430-437	434
$M=62,929; SD=42,568$				$M=176,400; SD=138,037$			

Выполненный анализ массива информации, агрегируемой *JHU*, реализация целей и задач исследования, включая формулировку некоторых закономерностей временной и пространственной динамики эпидемиологического процесса распространения *SARS-CoV-2* (*COVID-19*) потребовала привлечения не только надёжных данных, эффективных – для данного класса задач – способов и методов их математической обработки, графической визуализации, то есть методологии обработки данных, но и опоры на глубокие основания исследований – как на эмпирические, так и на философские. В частности, по мнению российского мыслителя А.Г. Дугина, «чтобы понять природу явления, необходимо условный чертёж достроить до объёма, распаковать имплицитно содержащиеся в нём основания и допущения. Только в случае такой распаковки мы получим более или менее ясную картину мира. <...> Для исправления современной... парадигмы <познания> необходимо обратиться к орбитальному мышлению. Только это позволит разрешить весь комплекс глобальных проблем» (Дугин А.Г. Трёхмерный Логос. Задача консервативно-революционной науки заключается в восстановлении иерархии. URL: [https://zavtra.ru/blogs/tryohmernij\\_logos](https://zavtra.ru/blogs/tryohmernij_logos)).

Следуя этому посылу, в исследовании рассмотрены одномерные (1D), двумерные (2D) и трёхмерные (3D) аналитические и графические модели процесса развития пандемии COVID-19 в ареале государств Восточной Европы на протяжении 22.01.2020 – 04.07.2021 годов. Содержательная достоверность предложенных закономерностей может быть подтверждена или опровергнута путём сопоставления прогнозных величин и логических выводов с новыми фактическими данными, отражающими перспективные этапы пандемии.

### Список литературы

1. *Статистика: учебник / под ред. С.А. Орехова.* – М.: Эксмо, 2010. – 448 с.
2. *Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: справочник геофизика / под ред. В.И. Дмитриева.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 498 с.
3. *Хемминг Р.В. Цифровые фильтры / пер. с англ. – Ред. пер. О.А. Потапов.* – М.: Недра, 1987. – 221 с.

## ПРОБЛЕМЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК ЧАСТИ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА

Н.Н. Афанасьева, Ф.И. Четырешников  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В данной статье рассматривается экономическое обеспечение в системе охраны труда. Кроме этого, в статье затрагиваются проблемы экономического регулирования в системе охраны труда.

Важнейшей и неотъемлемой частью систем жизнеобеспечения любого государства является обеспечение безопасности и здоровья работающего населения страны. В РФ в качестве такой системы выступает охрана труда. У значительного числа работодателей наблюдается слабая экономическая заинтересованность в обеспечении безопасных условий и охраны труда на рабочих местах; в частности, можно отметить отсутствие интереса вкладывать инвестиции в человеческие ресурсы. Изменить сложившуюся ситуацию можно посредством дополнения содержания действующей системы охраны труда, включая в нее экономическое обеспечение.

Важно отметить, что в профессиональной литературе применительно к рассматриваемой проблематике определения понятия «экономическое обеспечение охраны труда» нет, только лишь сформулировано понятие «социально-экономическое обеспечение охраны труда» [1].

При изучении законодательства в области охраны труда встречается понятие «финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда», которое по сути своей и обозначает экономическое обеспечение. Однако

применительно к охране труда термин «финансирование» обозначает некую совокупность денежных средств, ограниченных законодательно установленным нормативом, что оговорено статьей 226 ТК РФ.

При рассмотрении современной редакции статьи финансирование трудовых мероприятий работодателями должно осуществляться в размере не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг) (исключением являются государственные унитарные предприятия и федеральные учреждения) [2]. Такая норма не удовлетворяет регламентные требования по охране труда. Она является минимальной обязательной планкой, установленной государством.

Определив предназначение элемента «экономическое обеспечение охраны труда», можно сформулировать его цель, суть которой заключается в формировании нового типа трудовой идеологии работодателя и работника, основанной на целенаправленном сохранении человеческих ресурсов. Таким образом, задачами экономического обеспечения охраны труда являются:

- сохранение жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности (сохранение генетического здоровья нации, снижение уровня профессионального риска);
- изменение представлений о затратах на трудовые мероприятия (это не затраты, это инвестиции в человеческие ресурсы [3]);
- повышение правовой и экономической грамотности работодателей;
- создание устойчивой экономики организации;
- повышение приверженности работодателя и работника к охране труда.

Исторически сложилось так, что процесс экономического обеспечения мероприятий по охране труда в трудовом законодательстве не получил отражения в виде отдельного утвержденного документа; его всегда включали в трудовые кодексы. В связи с этим, экономическое обеспечение охраны труда и его структуру можно представить в виде графической модели (рисунок).



Модель экономического обеспечения охраны труда [3]

Рассматривая экономическую эффективность любых управленческих решений в сфере охраны труда, надо помнить, что затраты на охрану труда в принципе не могут непосредственно приносить прибыль, так как являются вспомогательными для целей производства и не связаны непосредственно с производством и реализацией какого-либо товара. По этой причине на практике любой руководитель может видеть конкретные расходы на охрану труда, но не видит, а в такой постановке и не может видеть, «доходы» от охраны труда. Тем не менее, мероприятия по охране труда не являются чисто затратными или убыточными. Дело в том, что если при производстве товара (услуг) речь идет об увеличении дохода, то при мероприятиях по охране труда и/или безопасности производства речь идет о снижении убытков.

Основными направлениями расходов на предотвращение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости являются:

- расходы на замену оборудования и другие мероприятия, влекущие за собой изменения условий труда;
- расходы на материальное обеспечение безопасности и охраны труда (в том числе на средства индивидуальной защиты и т. п.);
- расходы на организацию мероприятий по охране труда (в том числе на подготовку работников)
- расходы на возмещение вреда работникам (в том числе на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний).

Проблемы внедрения экономического обеспечения в практику управления охраной труда обуславливаются следующими обстоятельствами:

- ответственность за экономическое обеспечение охраны труда распространяется исключительно на работодателя;
- в соответствии с нынешней законодательной базой применение экономического обеспечения охраны труда затруднено на предприятиях среднего и малого бизнеса;
- «остаточный» принцип экономического обеспечения охраны труда: охрана труда не считается одним из основных показателей эффективности экономической деятельности организации, который способствует росту прибыли. Следовательно, по мнению многих работодателей, ее можно финансово обеспечивать в последнюю очередь, а именно из тех ресурсов, которые остались нереализованными.

Проведенные исследования по охране труда в организациях малого бизнеса свидетельствуют о том, что состояние экономического обеспечения находится на среднем или даже низком уровне: работники не обеспечены средствами индивидуальной и коллективной защиты, используется спецодежда и обувь низкого качества, не проводятся медицинские осмотры и обучение работников правилам охраны труда. В некоторых организациях состояние производственного оборудования и конструктивных элементов производственных помещений и зданий представляют собой реальную угрозу жизни и здоровью работников.

Для того чтобы работодатель ощутил реальную экономическую выгоду от экономического обеспечения трудоохранных мероприятий, осознал их рентабельность, необходимо ввести в законодательную практику теоретико-методические положения экономического обеспечения охраны труда и повысить их экономическую и правовую грамотность путем введения в программу обучения, подготовки и переподготовки по охране труда компонента «Экономическое обеспечение».

### Список литературы

1. Ефремов С.В. *Управление техносферной безопасностью. Краткий курс* / С.В. Ефремов // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. - СПб., 2013. - 47 с.

2. Трудовой кодекс РФ (ТК РФ) от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.06.2014) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683).

3. Татаренко В.И. *Эволюция организации функционирования процесса финансирования мероприятий по улучшению условий и охраны труда в России* / В.И. Татаренко, О.В. Усикова // Междунар. науч. конф. «European Applied Sciences: modern approaches in scientific research» 26.12.2012. Stuttgart, Germany. – С. 342-344.

## ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Н.Н. Афанасьева, В.И. Афанасьева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются виды ответственности за нарушение требований безопасности на предприятии, представлена статистика нарушений, приведены примеры.

Требования охраны труда определяют, какие именно условия труда можно назвать безопасными и пригодными для работы. Они устанавливают правила, нормативы, процедуры и критерии, которыми должны руководствоваться работодатели, чтобы сохранить жизнь и здоровье работников.

Лица, виновные в нарушении требований охраны труда, невыполнении обязательств по охране труда, предусмотренных коллективными договорами и соглашениями, трудовыми договорами (контрактами), или препятствующие деятельности представителей органов государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда, а также органов общественного контроля, несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

К видам ответственности за нарушение требований охраны труда относятся: административная, уголовная, дисциплинарная, материальная, экономическая.

За нарушение трудовой дисциплины, под которым понимается неисполнение или ненадлежащее исполнение по вине работника возложенных на него трудовых обязанностей, включая обязанность по соблюдению требований охраны труда, предусматривается дисциплинарная ответственность. Так, обязанность работников по соблюдению требований охраны труда закреплена в ст. 214 Трудового кодекса РФ.

Обязанности лиц, выполняющих функции руководителей, в сфере охраны труда также регламентируются. Нормативной базой для такой регламентации являются ч. 2 ст. 21 ТК РФ, правила внутреннего трудового распорядка и квалификационные характеристики должностей руководителей и служащих, утверждаемые в установленном порядке [1].

Квалификационные характеристики массовых должностей руководящих работников, общих для всех отраслей экономики, наиболее широко распространенных на практике, определены Минтрудом России. Квалификационные характеристики должностей руководителей, специфических для отдельных отраслей, разрабатываются и утверждаются Министерствами (ведомствами).

Из квалификационных характеристик руководителей следует, что в число их должностных обязанностей наряду с осуществлением функции по организации производства и труда входит также обязанность по обеспечению здоровых и безопасных условий труда для подчиненных исполнителей, а также контроль за соблюдением ими требований охраны труда.

Определенные должностные обязанности в области охраны труда возлагаются также на специалистов предприятия, что находит закрепление в должностных инструкциях.

Наиболее распространенными нарушениями правил охраны труда лицами, наделенными организационно-распорядительными функциями, являются: допуск работников к выполнению работ без проверки знания ими требований охраны труда и прохождения стажировки на рабочем месте с целью приобретения навыков безопасных приемов работы; к управлению внутризаводским транспортом без прохождения обязательного медицинского осмотра; к работе на неисправном оборудовании либо к эксплуатации технологического оборудования с нарушением технических требований, при отсутствии предохранительных и оградительных устройств, без применения работниками средств индивидуальной защиты; а также привлечение отдельных категорий работников к выполнению работ, запрещенных для них законодательством (к тяжелым работам, работам с вредными или опасными условиями труда, к ночным и сверхурочным работам), и др. [2].

Административная ответственность – это мера государственного принуждения в виде административного наказания за совершение административного правонарушения – противоправного, виновного действия

(бездействия), применяемого в целях предупреждения совершения новых правонарушений как самим правонарушителем, так и другими лицами (п. 1 ст. 3.1 Кодекса РФ об административных правонарушениях (КоАП РФ)). Правом привлекать к административной ответственности наделены органы государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде и правил по безопасному ведению работ в отдельных отраслях и на объектах.

Субъектами такой ответственности могут быть как руководители организаций, так и другие работники, на которых в силу их служебного положения или по специальному распоряжению руководителя возложена обязанность обеспечивать соблюдение требований охраны труда, а также лица, осуществляющие предпринимательскую деятельность без образования юридического лица.

Нарушение требований охраны труда этими лицами может выражаться как в нарушении своими действиями установленных правил, так и в даче подчиненным указаний, идущих вразрез с правилами (инструкциями) по охране труда, а также за непринятие мер по обеспечению соблюдения правил подчиненными им лицами, если обеспечение соблюдения этих правил входит в их служебные обязанности.

Таким образом, к административной ответственности могут быть привлечены как непосредственный организатор работ (мастер, начальник участка), так и лица, обязанные обеспечивать безопасность труда (начальник цеха, главный инженер организации), или одновременно те и другие.

Административный штраф может быть наложен: главным государственным инспектором труда Российской Федерации, его заместителями; главным государственным правовым инспектором труда Российской Федерации; главным государственным инспектором Российской Федерации по охране труда и другими должностными лицами федеральной инспекции труда и государственных инспекций труда. Административное взыскание в виде дисквалификации назначается судьей.

Уголовная ответственность заключается в том, что лицо, виновное в совершении преступления, обязано понести наказание – меру государственного принуждения, назначаемую по приговору суда, заключающуюся в лишении или ограничении его прав и свобод.

Возбуждение уголовного дела по факту нарушения требований охраны труда производится прокурором или судьей при наличии повода и оснований.

На практике поводом и основаниями для возбуждения уголовных дел прокурором являются поступающие в органы прокуратуры материалы органов надзора и контроля о нарушениях требований охраны труда, непосредственное обнаружение прокурором нарушений требований охраны труда, содержащих признаки преступления, материалы о происшедших несчастных случаях на производстве, направляемые работодателями в прокуратуру в обязательном порядке, и др.

Виды наказаний за нарушения требований охраны труда, содержащие все признаки состава преступления, закреплены в Уголовном кодексе РФ. Так, за

нарушение правил техники безопасности или иных правил охраны труда, совершенное лицом, на котором лежали обязанности по соблюдению этих правил, если это повлекло по неосторожности причинение тяжкого вреда здоровью человека, согласно ст. 143 УК РФ наказывается штрафом в размере до 200 тыс. руб. или в размере заработной платы или иного дохода, осужденного за период до 18 месяцев, либо исправительными работами на срок до двух лет, либо лишением свободы на срок до одного года. То же деяние, повлекшее по неосторожности смерть человека, наказывается лишением свободы на срок до трех лет с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до трех лет или без такового.

Субъектами названных преступлений могут быть как руководители организаций и другие работники, на которых возложена обязанность по обеспечению соблюдения правил безопасности, так и лица, обязанные соблюдать эти правила.

За нарушение требований охраны труда и правил безопасности виновные в этом лица подлежат уголовной ответственности независимо от организационно-правовых форм предприятий, в которых они работают. На рисунке представлена диаграмма самых частых нарушений охраны труда, которые допускают работодатели:

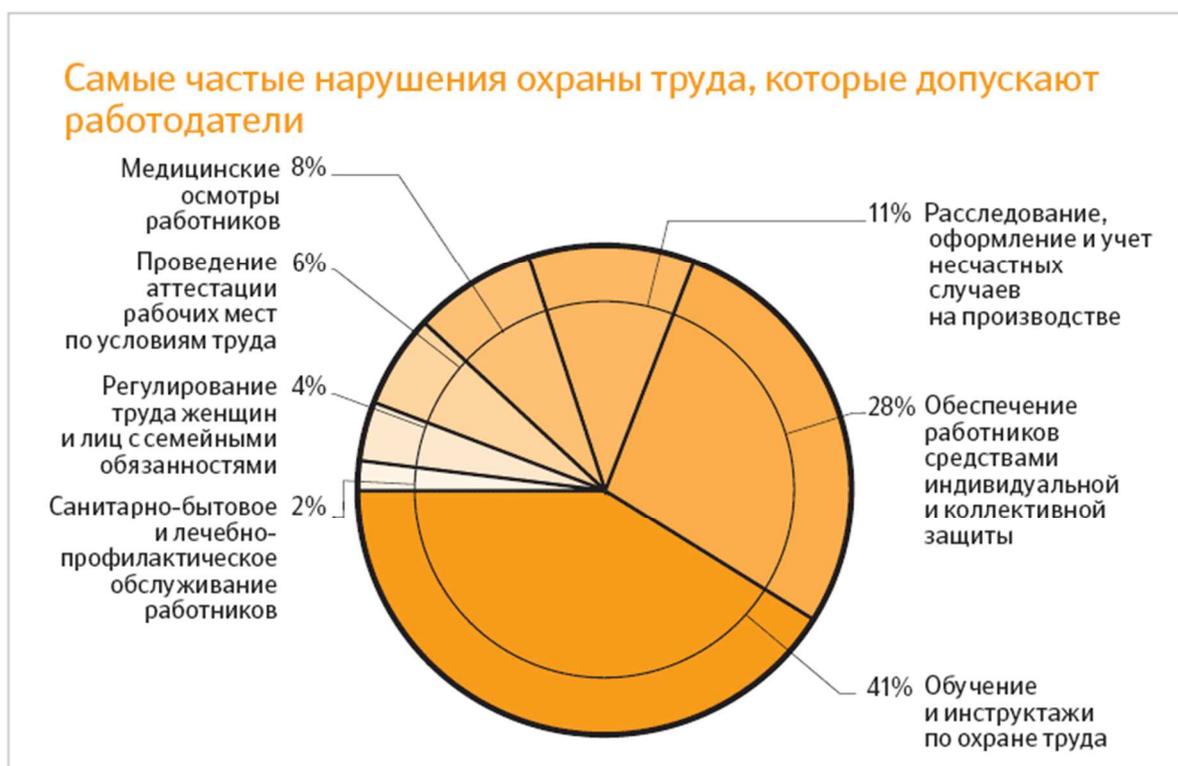


Диаграмма статистики нарушения правил техники безопасности на предприятии [3]

В качестве примеров нарушения требований техники безопасности на предприятии приведем следующие:

1. Отсутствие обучения и проверки знаний по охране труда руководителей.

Ситуация из практики. В компании меняется директор: готовится решение учредителей, трудовой договор, приказ и т.д. А про обучение по охране труда директора нередко забывают. Между тем обязанность обучить директора в учебном центре предусмотрена ст. 212 ТК РФ и Порядком обучения по охране труда, утвержденным Постановлением Минтруда России от 13.01.2003 г. № 1/29 (далее – Порядок). Причем такое обучение должен пройти не только директор, но и все руководители, которые организуют работу подчиненных.

При отсутствии протоколов по проверке знаний требований охраны труда и удостоверения о проверке знаний инспектор может не только оштрафовать компанию, но и отстранить руководителей от работы (ст. 76 ТК РФ).

2. Отсутствие специальной оценки условий труда.

Часто работодатели не проводят спецоценку, потому что это затратное мероприятие. Успокаивает только то, что тратить деньги нужно один раз в пять лет. Но еще встречается непроведение по незнанию.

Ситуация из практики. В небольшой компании есть только офисный персонал. Спецоценку не проводили, потому что думали, что для офисного персонала этого не требуется. При проверке инспекция выписала штраф, ведь согласно Федеральному закону «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ спецоценке подлежат все рабочие места, кроме дистанционных работников и надомников.

### Список литературы

1. Федорец А.Г. *Менеджмент техносферной безопасности*//Учебное пособие. – М.: АНО «ИБТ», 2016. – 596с.
2. <https://ecostandardgroup.ru/journal/vidy-otvetstvennosti-za-narushenie-trebovaniy-okhrany-truda/>.
3. <https://www.audit-it.ru/articles/account/court/a53/223285.html>.

## ЦВЕТОТЕРАПИЯ ИЛИ КАК ЦВЕТ В ИНТЕРЬЕРЕ ВЛИЯЕТ НА ЧЕЛОВЕКА

А.В. Вепренцева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена психологическому воздействию цвета в интерьере на человека. Проведен анализ основных цветов, используемых в повседневной жизни, и их влияния на эмоции и восприятие людей.

Привычная среда обитания человека, которая формируется при помощи дизайна, оказывает огромное воздействие на его здоровье и психику. Цвет как один из ключевых компонентов дизайна играет важную роль в жизни человека. Цвет – это волны определенного рода электромагнитной энергии, которые после восприятия глазом и мозгом человека преобразуются в цветовые ощущения. Тот

или иной оттенок способствует отдыху или настраивает на активную деятельность или окружает уютом. Знание цветовых особенностей помогает обустроить интерьер в оптимальной цветовой гамме [1].

Красный – самый эмоциональный, чувственный и страстный в палитре цветов. Красный цвет – это лидерство, уверенность в себе, решительность, готовность действовать. Этот цвет повышает работоспособность, выносливость.

Оранжевый поднимает настроение, бодрит и вызывает желание общаться. Он также известен способностью заряжать энергией, повышать аппетит и укреплять волю, хотя это действие проявляется мягче.

Желтый цвет является хорошим выбором во многих случаях, так как положительно влияет на психическое здоровье, тонизирует и улучшает концентрацию. Он помогает концентрировать внимание и бороться с трудностями.

Зелёный цвет без преувеличения можно назвать самым естественным и доступным для человеческого восприятия. Приносит с собой одновременно вдохновение и умиротворение. Фактически, зеленый не излучает энергию, а наоборот генерирует и накапливает для будущих начинаний.

Голубой цвет расслабляет и снижает кровяное давление, из-за чего голубой интерьер кажется прохладнее – подходящее свойство для гостиной и спальни. Этот цвет возбуждает воображение и улучшает мыслительные процессы.

Синий воплощает в себе постоянство, строгость, преданность, серьезность. Как и вся холодная гамма, синий успокаивает и зрительно увеличивает помещение.

Коричневый – цвет земли, а значит, стабильности, надежности, здравого смысла. Он помогает сконцентрироваться, справиться с силами, достичь душевного комфорта.

Розовый цвет создает ощущение спокойствия и защищенности. Созерцание этого цвета пробуждает в человеке мечтательность, доверчивость, беспечность, ностальгию по детству.

Серый – цвет реалистов и консерваторов. Строгая элегантность, возвышенная утонченность и легкая недосказанность – основные характеристики серого цвета.

Черный цвет легко поглощает свет и скрывает то, что несет в себе. Часто черный цвет ассоциируют с познанием, любопытством и тайной.

Белый цвет ассоциируется с духовностью и положительно влияет на физическое состояние человека. Он помогает всегда быть в тонусе, наполняет энергией.

Выбор цветовых предпочтений непосредственно связан с основными чертами характера человека и в некоторой степени отражает его внутренний мир. Цвет в данном случае является не только способом самовыражения человека, но и средством достижения внутренней гармонии.

На сегодняшний день часто говорят о психологии цвета, цветотерапии и условиях функционирования человеческого организма в той или иной цветовой гамме пространства.

Если говорить об экологичности и комфортности нахождения человека в окружающей среде, то речь должна идти о зеленых, голубых и коричневых цветах.

### Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. *Экологические основы архитектурного проектирования: учебное пособие.* – Тула: Аквариус, 2015. – 300 с.;
2. <https://rehouz.info/cvet-v-interere/>
3. <https://mudryakova.ru/stati/vliyanie-cveta-na-cheloveka/>
4. <https://sdelano.ru/stati/kak-tsveta-v-interere-vliyayut-na-voispriyatie-i-emotsii/>
5. <https://urokiakvareli.ru/teoria-cveta-kratko-obo-vsem-cto-nuzno-znat>

## К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕСТАВРАЦИИ

А.Г. Требоганова, Ю.А. Валова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам экологичной реконструкции учебных заведений и экологического образования. Проведен анализ современных систем экологизации учебных заведений.

До настоящего времени при возведении городов, строительстве зданий и промышленных зон в меньшей степени акцентировалось внимание на проблемы приспособления к природе, т.к. большая их часть не является экологичной в полном объеме или вовсе не отвечает элементарным требованиям экологичности. И поэтому актуализировались такие сферы как экологичная реконструкция и реставрация.

Понятие экореконструкция, во-первых, подразумевает экологизацию ранее построенных и эксплуатирующихся неэкологичных объектов, а, во-вторых, возвращение природной среды в прежнее состояние.

Например, экологический центр «Река Войн», возведенный в Канаде, предназначен для обучения 200 человек способам правильных взаимоотношений с окружающей средой. В 16-угольном здании площадью примерно 600 м<sup>2</sup> использовалась энергия ветра и солнца для осуществления нагрева воды, вентиляции и охлаждения; решения, которые позволяют экономить электроэнергию, аккумулировать её, и перерабатывать отходы с помощью биорегенерации. И следует отметить, что оригинальным решением выполнения кровли был газон. Также еще одно учебное и исследовательское заведение – это Ванкуверский Институт Азиатских исследований, архитекторы которого применили естественное вентилирование в помещениях, установили солнечные

батареи на кровле, при строительстве были использованы экологичные строительные материалы, а также на территории поставили биотуалеты для отказа от подключения к канализационной сети и экономии воды.

Школы РФ пока пока не в полной мере используют эко-приемы. Несмотря на это, в 2016 году консалтинговой компанией «Экобюро Greens» [3] был выпущен первый рейтинг «Зеленых школ России», в который попали около 200 учебных заведений из семи регионов страны. Российская школа должна сделать совсем немного, чтобы быть «зеленой»: вести отдельный сбор отходов, экономить воду и электроэнергию, ответственно использовать бумагу и давать информацию учащимся о важности и нужности заботы о природе.

Очень важно, чтобы начальное экологическое образование было представлено в школьных и дошкольных учреждениях, техникумах, училищах, вузах, т.к. именно там воспитываются будущие граждане и специалисты, имеющие правильное мышление и гуманное отношение к природе.

Благодаря экологичной реконструкции уже существующих учебных заведений, экологическое образование становится актуальнее. Первостепенным вопросом выступает проведение экореконструкции всех школьных (или учебно-воспитательных) объектов – детских садов, школ, колледжей, университетов и других учебных заведений [1;4].

Экологическая реконструкция учебных заведений должна носить комплексный характер, она может решать один из конкретных вопросов роста экологичности и служить наглядным пособием для обучения. Экологическая реконструкция должна быть направлена, в частности, и на то, чтобы получить красивую архитектурную и ландшафтную среду.

Основными направлениями экологической реконструкции могут быть: создание красивой и здоровой архитектурно-ландшафтной среды; использование возобновляемой энергии для энергоснабжения (отопления, освещения и пр.); экономичность потребления ресурсов; утилизация всех органических отходов с получением биогаза, удобрения; поддержка биоразнообразия, флоры и фауны.

Для этого можно выполнить следующие мероприятия:

- установить оборудование для утилизации возобновляемой энергии (солнечной, ветровой, геотермальной, биоэнергии) в допустимых местах, разместить аккумуляторы энергии в подвальной части зданий;
- использовать естественную систему вентиляции; собирать и использовать дождевую воду с твердых покрытий, вторично использовать воду из умывальников для смыва в туалетах;
- устроить плодовый сад, удобряемый получаемым из органических отходов школы гумусом;
- создать школьный зоологический сад, устроить школьную теплицу с экзотическими растениями;
- устроить «зеленые коридоры» на территории; устроить велодорожки. Зеленые коридоры можно устраивать и над автодорогами, расположенными рядом со школой;

- устроить эксплуатируемую кровлю-газон с выходом на нее из лестничной клетки;
- устроить освещение школьной территории с помощью источников, которые питаются от солнечной энергии и автоматически включаются и отключаются;
- устроить освещение подземных зданий и сооружений с помощью ввода дневного света от концентраторов и системы зеркал;
- прикрепить к наружным глухим стенам здания в период их утепления и отделки декоративных керамических держателей для наружного сплошного вертикального озеленения, для укоренения которого устраивают декоративно оформленные проемы в отмошке;
- устроить ветроагрегаты, дающие электроэнергию для постоянного обогрева наружных твердых покрытий (тротуаров, дорожек, лестниц), чтобы в зимнее время эти покрытия были сухими и свободными от снега и льда;
- установить ветроагрегаты, осуществляющие полив насаждений и приводящие в действие фонтаны (в летнее время).

Все системы, перечисленные выше можно включить в общее экологическое образование и воспитание учащихся – для этой цели в учебных заведениях необходимо использовать наиболее современные экологические системы, требующие использования быстродействующих компьютеров. Как например, применить отдельные части или целый комплекс «умного» здания, который представляет собой полноценный экологический объект, следящий с помощью датчиков за многими параметрами и своевременно вмешивающийся с помощью эффекторов.

В пример можно привести Данковскую СОШ в г.о. Серпухов. Она не считается экошколой, но в ней было организовано школьное лесничество, которое существует до сих пор, и некоторые ее ученики являлись одними из первых его участников, в том числе и соавтор этой статьи Требоганова Алена. Во время учебы, они занимались: восстановлением лесов после пожаров; на территории школы, на месте бывшего пустыря, организовали дендрарий и посадили более 70 деревьев: сосны, ели, клены, березы и разбили цветники вдоль дорожек. Около школы была протоптана тропинка через полянку, по которой многие сокращали путь, в результате чего почва была сильно утрамбована, а трава вытоптана, ученики взялись за решение этой проблемы и по периметру поляны посадили кустарники и посеяли траву.

Не так далеко от этой школы, около дороги был установлен памятник труженикам тыла, вокруг которого была заброшенная территория, ребята решили разбить клумбы и посадить голубые ели, ухаживать за ними несколько лет, чтобы они хорошо прижились.

Также, в Центральном зубровом питомнике, недалеко от которого находится школа, для того, чтобы уменьшить заболоченность территории вольеров, ученики высадили 100 кустов ивы и, сейчас зубры не только живут на сухой территории, но и лакомятся молодыми побегами ивы.

На базе Московского регионального лесничества было организовано научно-практическое общество «Подрост», которое привлекает внимание членов школьных лесничеств Москвы и области к проблемам охраны природы. Ежегодно проводятся слеты школьных лесничеств и рассматриваются научные работы ребят, которые посвящены изучению природных сообществ, проблемам загрязнений, возможности их ликвидации и восстановления природного комплекса. Данковская школа неоднократно участвовала в работе «Подроста» и внесла посильный вклад в защиту природы и ее изучения. Таким образом, можно сделать вывод, что школьное лесничество Данковской школы тоже занималось восстановлением естественного ландшафта.

Авторы верят, что в России начнут еще больше развивать тему экологичной реконструкции образовательных учреждений с применением современных систем экологизации, которая в итоге приведет человечество к нужному результату. Следуя правилам и предложениям экореконструкции, мы, тем самым, сможем воспитать в молодом поколении любовь и заботу к природе.

### Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. *Экологические основы архитектурного проектирования: учебное пособие* / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Аквариус, 2015. – 300 с.;
2. Тетиор А.Н. *Городская экология: учебное пособие* / А.Н. Тетиор. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 330, [1] с.: ил.
3. [https://geo.bsu.by/images/pres/geoeco/gor/gor\\_16.pdf](https://geo.bsu.by/images/pres/geoeco/gor/gor_16.pdf)
4. [https://unece.org/fileadmin/DAM/ie/industry/documents/fokov\\_ru.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/ie/industry/documents/fokov_ru.pdf)

## К ВОПРОСУ О ЗДОРОВЫХ И БЕЗОПАСНЫХ ДОМАХ

Н.В. Яковец, Я.К. Преображенская  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам экологических домов. Проведен анализ особенностей строительства, положительных и отрицательных аспектах экодомов.

В связи с экологическим кризисом, вызванным быстрым ростом техногенеза, вопрос создания здоровой и безопасной среды актуален как никогда. Далеко не каждый дом может благотворно влиять на здоровье и защищать от загрязнений. Здоровый и безопасный дом можно назвать экологичным, так как он безопасен как для человека, так и для окружающей среды. Сейчас застройщики, используя новейшие технологии, начали возводить экологически чистые дома [1]. Одним из последних достижений в данной отрасли как раз и стал экодом. Экодом – это дом, в котором используются

исключительно натуральные материалы, отсутствуют традиционные системы отопления и минимизировано потребление электроэнергии. Внутри помещения таких домов постоянно поддерживается благоприятный климат, при этом полностью отсутствует негативное влияние на окружающую среду. Расход энергоресурсов такого жилья составляет лишь 10 % от показателя затрат обычных частных домов.

При проектировании экодому следует придерживаться нескольких ключевых аспектов:

- При создании проектов таких домов необходимо определить оптимальную форму, которая позволит создать просторное помещение при минимальной внешней площади и сократит теплопотери через наружную поверхность.

- Коэффициент теплового сопротивления стен и кровли должен составлять не менее R40 и R60, а также необходима тщательная герметизация примыканий стен и крыши, фундаментов и т.д., установка систем вентиляции и других систем, позволяющих сохранить тепло в помещении.

- Создание правильной планировки, в которой жилые помещения располагают выходящими на восточный фасад, на северном же располагают нежилые помещения.

- Переход к мало- и безотходным промышленным и строительно-эксплуатационным технологиям.

- Грамотные градостроительные, объёмно-планировочные и конструктивные решения при проектировании.

- Применение современных инженерно-технических решений: солнечные батареи; разные виды теплообменников – рекуператоров, использующихся для регенерации тепловой энергии; вентиляция, контролирующая качество воздуха, солнечные коллекторы для нагрева горячей воды. Примером может послужить пассивный дом, построенный в 1991 году в Германии в г. Дармштадт.



Рис. 1. Первый пассивный дом, 1991 год. Германия, г. Дармштадт

- Ориентация на широко распространённые (местные) материалы, использование экологичных строительных материалов: древесины, натурального камня, кирпича, современного бетона и стекла.

– Использование растительности в экстерьере или интерьере здания, что поможет качественно улучшить экологическую обстановку и повысит психофизиологический комфорт жизнедеятельности людей [2,4].

Технологии проектирования экодому только начали развиваться, поэтому на данном этапе кроме положительных аспектов таких домов, есть и отрицательные – экодому может стоить в разы дороже обычного дома той же площади из-за дорогих материалов, систем сбережения энергии и т.п. Строительство затруднительно в центре больших мегаполисов, так как в большинстве случаев экодому – малоэтажное здание. Чаще всего минимизация затрат на электроэнергию осуществляется за счет обогрева солнцем, поэтому дома не предназначены для регионов с суровым климатом. Хотя, благодаря развитию технологий строительства, уже есть примеры, когда данную проблему можно исключить, с помощью продуманной системы вентиляции, как в экодому Naturhus в Норвегии. Так же со временем экодому может окупиться благодаря экономии на энергии.

Экодому можно назвать домом будущего. Развитие технологий строительства позволит со временем свести на нет недостатки таких домов, и, вероятно, сделает его более доступным для большего количества людей. Кроме того, проблемы экологии волнуют всё больше, поэтому многие начинают интересоваться экодому. Даже при отсутствии возможности строительства полноценного дома с нуля, есть способы обезопасить уже существующее жильё.

### **Список литературы**

1. *Пушилина Ю.Н. Оценка воздействия объекта на окружающую среду в период эксплуатации / Ю.Н. Пушилина // Сборник: Инновационные наукоемкие технологии. Доклады VIII региональной научно-практической конференции. 2021. – С. 80-82.*
2. *Никонова Е.Р. Архитектурная экология: учеб. пособие для студентов направления подготовки 07.03.01 «Архитектура» / Е.Р. Никонова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 120 с.*
3. *Акимова Т.А. Основы экоразвития: учебное пособие / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М., 1994.*
4. *Зинукова О.Ю. Экологизация современной архитектуры / О.Ю. Зинукова. – Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – С. 50-53*
5. *Голикова А.А. Пассивный дом(экодому) / А.А. Голикова, З.С. Нагаева. – Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Строительство и техногенная безопасность» N14(66) – 2019. С. 15-21*

# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

## ЭКОЛОГИЯ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Н.В. Ляшенко, В.А. Лепихова

Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) им. М.И. Платова,  
г. Новочеркасск

***Аннотация.** Рассмотрены особенности современной многоуровневой системы образования в РФ и экологические компетенции, получаемые на разных ступенях обучения. Предложены пути повышения уровня экологической подготовки в системе высшего профессионального образования.*

Изначально экология развивалась как составная часть биологической науки, в тесной связи с другими естественными науками (химия, физика, геология, география, математика и др.). Главной задачей науки является изучение выживания живых существ в окружающей среде, в первую очередь человека.

В настоящее время в Российской Федерации функционирует многоуровневая система образования. Действующие в настоящее время Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) представляют собой совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего (полного) общего, начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования [1].

Система многоуровневого высшего профессионального образования состоит из двух образовательных подсистем: непрерывной подготовки дипломированных специалистов по специальностям высшего профессионального образования (со сроком обучения 5-6 лет) и ступенчатой, обеспечивающей реализацию образовательных программ по ступеням высшего профессионального образования с присвоением выпускнику степени (квалификации) бакалавра (срок обучения 4 года) и магистра (срок обучения 6 лет, т.е. +2 года) по направлениям подготовки высшего профессионального образования.

Федеральные государственные образовательные стандарты обеспечивают:

- 1) единство образовательного пространства Российской Федерации;
- 2) преемственность основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего (полного) общего, начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования.

Экологическое образование должно начинаться в дошкольных образовательных учреждениях. Цель обучения на данном этапе – показать, что

живым организмом в Биосфере является не только человек.

На этапе начального общего образования обучающийся получает общее представление о живых организмах, их среде обитания, связи живых организмов между собой и средой, о роли человека в биосфере.

В системе основного общего, среднего (полного) общего и профессионального образования обучающийся должен получить тот объем знаний, которые будут достаточным для освоения курса «Экологии» на ступени высшего профессионального образования. При этом базовые знания формируются в таких дисциплинах, как биология, химия, физика, математика, география и другие [2].

На сегодняшний день в государственных образовательных учреждениях высшего образования формирование основных образовательных программ регламентируют федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по различным направлениям подготовки. На основании раздела ФГОС 3++ «II. Требования к структуре программы...» для всех направлений подготовки в рамках базовой части обязательными являются дисциплины по философии, истории, иностранному языку, безопасности жизнедеятельности, физической культуре и спорту. Т.е. преподавать или не преподавать экологию будет решать каждый ВУЗ самостоятельно.

В отличие от государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ГОС ВПО) первого (1994-1996 гг.) и второго (2000 г.) поколения, в которых в разделе 4 «Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки дипломированного специалиста по направлению...» были указаны не только наименование дисциплин и количество отводимых для дисциплины часов, но и основные разделы дисциплин. В ГОС ВПО дисциплина «Экология» была обязательной для всех направлений как Федеральный компонент «Общих математических и естественнонаучных дисциплин». Также для большинства направлений подготовки вопросы экологии рассматривались в дипломных работах (выпускных квалификационных работах).

Таким образом, государственный образовательный стандарт содержал требования к уровню подготовки выпускников по циклам дисциплин, которые являлись исходными данными для формирования инструментов при оценке качества образования в вузе не только у выпускников, но и у обучающихся.

Наиболее оптимальным путем решения вопроса экологизации высшего профессионального образования является введение дисциплины «Экология» как обязательной естественно-научной в базовой части для всех направлений и специальностей подготовки. При этом данная дисциплина, в отличие от многих других, не требует унификации рабочих программ, так как имеет свою специфику для разных направлений подготовки.

### **Список литературы**

*1. Тищенко Н.Н. Особенности многоуровневой системы высшего образования в РФ в области экологии, природопользования и техносферной безопасности / Н.Н. Тищенко, Н.А. Поползухина, Л.В. Коржова, Е.Г. Бобренко //*

*Решение экологических проблем современного общества для устойчивого развития: сборник материалов научно-практической конференции, посвященной 20-летию юбилею кафедры экологии, природопользования и биологии, Омск, 14 апреля 2016 года. – Омск: ЛИТЕРА, 2016. – С. 220-223.*

*2. Симонов Ю.В. Экология в образовании или экологизация образования? / Ю.В. Симонов // Современное образование в свете идей В.И. Вернадского: материалы Межрегиональной научно-практической конференции, Самара, 14 марта 2013 года / Редколлегия: Г.Р. Хасаев, С.И. Ашмарина, Г.С. Розенберг, ответственный редактор Е.В. Сухова. – Самара: Самарский государственный экономический университет, 2013. – С. 34-36.*

## **К ВОПРОСУ О ВИДЕОЭКОЛОГИИ**

Ю.В. Сокур

Тульский государственный университет,  
г. Тула

***Аннотация.** Статья посвящена видеоэкологии. Поднимается вопрос её влияния на психику человека, а также решения способные позитивно повлиять на исход данной проблемы.*

Давно известно, что на психику, эмоциональное поведение и настроение человека влияет множество факторов, а в частности, видимая среда. Например, доброту, жизнерадостность и отзывчивость жителей берегов Испании и Италии можно объяснить именно благоприятной визуальной средой, которая их окружает. В больших современных городах люди лишены такого преимущества, ведь там повсеместно встречаются агрессивные визуальные поля.

Применение таких материалов как бетон, металл, стекло, асфальт на дорогах и т.д. привело к созданию в городской среде гомогенных агрессивных зон. Преобладание серого цвета зданий, прямые линии крыш и углов городских строений, обилие больших плоскостей из стекла и бетона без видимых акцентов, фасады с рядами одинаковых окон, все эти факторы привели к нарушению визуальной комфортной среды. Человек оказался изолирован от естественной визуальной среды, что обусловило на территориях современных городов наличие неблагоприятных для зрения человека агрессивных и гомогенных зон. Процессы такой стремительной урбанизации привели к большому количеству социальных проблем. На это направление должны обратить особое внимание экологи.

Полезнее смотреть на красивые замки и дворцы с башнями, храмы с куполами, мечети с минаретами. Но только природа является самой комфортной средой для глаза, ведь там отсутствуют прямые линии.

В свое время, учёным В. Филиным было введен термин «видеоэкология» то есть область науки о визуальной окружающей среде и её непосредственно влиянии на человека. Как показывают исследование, видеоэкология связана со многими науками: архитектурой, экологией, психологией, офтальмологией.

Если говорить о негативных примерах влияния визуальной среды на человека, его состояние и здоровье, здесь нужно сказать о моряках, космонавтах, подводниках и, само собой разумеется, шахтерах. Постоянное нахождение в определенных, замкнутых условиях, люди перечисленных профессий испытывают «зрительное голодание», а это может обернуться слепотой и нарушением координации движений.

С архитектурной точки зрения современные города чаще всего представляют собой достаточно монотонную, однородную по цвету среду, отсутствие декоративных элементов на зданиях также не способствует восприятию городских зданий человеческим глазом.

Очевидно, что невозможно пробудить потребность красоты в народе, окружив его повсеместно агрессивной визуальной средой. Люди должны находиться в комфортной визуальной среде постоянно. Только таким путем и можно выработать потребность к красоте у народа, и тем самым можно будет добиться их высшего развития. Решением подобных вопросов должны заниматься архитекторы, дизайнеры, декораторы, а также экологи, позволившие грамотно вписывать здания и сооружения в окружающее пространство.

#### **Список литературы**

1. Глезер В.Д. *Зрительное опознание и его нейрофизиологические механизмы.* – Л.: Наука, 1975.

2. <https://greenworld.today/tehnologii/1134/> *Видеоэкология и психика человека.* – Greenworld.today. – *эконовости и экохитрости (дата обращения 28.11.21г)*

3. Новикова В.М. *Проблемы видеоэкологии городской среды / В.М. Новикова, С.В. Повышева // Известия МГТУ "МАМИ" №1(15), 2013. – Т.4. – С. 199-202.*

4. Иоханнес Иттен *Искусство цвета / Иттен Иоханнес.* – М.: Д. Аронов, 2001.

## **К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЯХ В АРХИТЕКТУРЕ**

А.Д. Левенко, Д.С. Черникина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* *Статья посвящена вопросам экологических инноваций в области архитектуры и строительства.*

По всему миру уже ни один десяток лет растет увлечение экологической, или «зеленой» архитектурой. Специалисты в области архитекторы и дизайна реализуют самые невероятные проекты, и все больше людей стремятся приобрести дома, соответствующие принципам экологичности [1].

Экологическая архитектура – это новый образ жизни и мышления человечества, которое уже многие столетия использует природу в своих целях, даже не осознавая, сколько вреда причиняют ей. Осознание бедственной экологической ситуации заставляет людей искать все более экологические методы строительства для снижения экологической нагрузки.

Эко-постройки нацелены не только на возведение из экологических чистых материалов, но и на экономию всех видов энергии и представляют собой многосложный комплексный подход ко всему строительному и проектному процессу.

В ход идут солнечные батареи, ветрогенераторы, системы рециркуляции воды, датчики освещения и движения, стеклянные фасады и многие другие инновации.

Экологическое строительство подразумевает использование природных и возобновляемых строительных материалов [2,3]. При этом предпочтение отдается именно тем материалам, которые находятся в месте строительства здания. Пено- и газоблоки являются самыми распространенными и востребованными материалами для строительства, которые можно отнести к экологически чистым материалам.

Важнейшим фактором является безопасность для окружающей среды на всех этапах: строительства, эксплуатации и уничтожения.

Экологичный дом не должен потреблять много энергии. В идеальном варианте, он должен быть независим от любого типа энергии.

Экологическая архитектура – это некий симбиоз природы с архитектурными сооружениями и новыми технологиями, своеобразный «оазис» в городской среде, который отвечает принципу тройного нуля: нулевое потребление энергии из внешних источников, полная безотходность и отсутствие вредных выбросов в атмосферу.

Все больше растет запрос на комплексные системы биобезопасности для комфортности проживания, сохранения здоровья жителей и исключение распространения вирусов в стенах домов. Активно развиваются системы бесконтактного входа в дом и пользования лифтом, бесконтактное получение продуктов и товаров через постаматы.

Практически любое введенное в эксплуатацию здание в определенной мере соответствует требованиям экологических стандартов, если экологичный подходы и методы внедрять с самой ранней стадии проекта (на стадии проектирования), из любви к людям (а не только к прибыли). При современных темпах развития рынка экологичные здания могут стоить примерно одинаково с обычными. В России, на сегодняшний день, надбавка к стоимости строительства таких зданий составляет 5-10 %.

### **Список литературы**

*1. Казанцев П.А. Основы экологической архитектуры: учебное проектирование энергоэффективных зданий. Теория и практика энергоэффективной архитектуры / П.А. Казанцев. – 2012 – С.32-37.*

2. <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37000>
3. <https://izron.ru/articles/aktualnye-problemy-tehnicheskikh-nauk-v-rossii-i-za-rubezhom-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezh>.
4. [https://stroi.mos.ru/builder\\_science](https://stroi.mos.ru/builder_science).

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Корякина Ю.П., Киган М.А. Очистка сточных вод от загрязнения нефтепродуктами с использованием метода фильтрации.....	3
Макаренков Д.А., Цедилин А.Н. Экологический принцип техносферного развития химической и смежных отраслей промышленности.....	6
Гавриленко Г.А., Курочкина Е.В., Никулин Н.И., Протопопов А.В. Исследование мицеллообразующей способности продуктов взаимодействия крахмала с лимонной кислотой.....	9
Штепенко Д.Е., Воротникова О.В., Гречко А.Н., Протопопов А.В. Изучение структуры сложных эфиров древесины, полученных в условиях ультразвуковой обработки.....	12
Гречко А.Н., Штепенко Д.Е., Воротникова О.В., Протопопов А.В. Изучение возможности получения продуктов взаимодействия древесины с аминокислотой.....	14
Курочкина Е.В., Гавриленко Г.А., Никулин Н.И., Протопопов А.В. Изучение кинетических закономерностей взаимодействия крахмала с лимонной кислотой.....	17
Никитина Т.В., Комаров П.В., Шалимова А.И., Протопопов А.В. Получение сложных эфиров древесины с капролактамом.....	20
Гущин А.А., Квиткова Е.Ю., Соколова М.А., Филиппова А.И. Очистка воды от органических загрязнителей комбинированным окислительным методом.....	22
Паукова В.С. Выбор и обоснование технологической схемы очистки сточных вод пищевых производств.....	24
Комаров Я.В. К вопросу о разработке модуля поддержки принятия решений для САПР при проектировании транспортных и технологических машин.....	26
Дмитриенкова А.Г., Ларин А.В. Оценка влияния константы Генри на минимизацию интервалов интегрирования в методе моментов.....	31
Маслова А.А., Четырешников Ф.И. Отходы гальванического производства.....	33
Савинова Л.Н., Векшина В.А. Оценка экологического состояния прудов исторических усадеб Тульской области.....	40
Савинова Л.Н., Векшина В.А. Влияние соединений марганца на фосфатазную активность серой лесной почвы при внесении минеральных и органических добавок.....	46

Гаврилина А.В., Маслова А.А. Разработка интеллектуальных, автоматизированных систем для экологически безопасного проведения работ на участке очистки промышленных сточных вод.....	50
Ельтищева Д.Д., Кашинцева Л.В. Установка шумозащитных экранов в жилой зоне: плюсы и минусы.....	52
Пушкарева А.В., Чумакова О.Д. К вопросу об энергосберегающих технологиях.....	57
Пушилина Ю.Н., Затюпа М.А. К вопросу об применение новых экологически безопасных видов энергии.....	59
Пушилина Ю.Н., Лазарева А.В. Применение экологичных материалов на основе природного сырья.....	61
Кабанова А.В., Ерохина Д.А. К вопросу об освоении подземного пространства.....	62
Андреев А.А. Эволюция проблемы охраны окружающей среды.....	64
Меденников О.А., Сидаш Е.А., Шабельская Н.П., Ульянова В.А. Разработка способа утилизации фосфогипса в неорганический люминофор.....	65
Егорова М.А., Гайдукова Ю.А., Шабельская Н.П., Ульянова В.А. Разработка способа получения каталитически активного материала для очистки водных растворов.....	67
Александров В.Ю., Гуровский В.В., Ларичкин В.В. Химизм процесса жидкофазного окисления фенола входящего в состав загрязнений воды.....	70
Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Биологическая роль абиегатов некоторых микроэлементов.....	73

## **ТЕХНОЛОГИИ ЗДОРОВЬЯ.**

### **ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ**

### **ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ.**

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Петров С.Б., Петров Б.А., Цапок П.И. Исследование по изучению эффективности применения пищевой биодобавки Рекицен – РД в качестве средства индивидуальной биологической профилактики.....	75
Голотяк А.А., Маслова А.А. Методы анализа производственного травматизма.....	78
Маслова А.А., Афанасьева В.И. Основные причины производственного травматизма.....	81
Шарендо Н.С., Маслова А.А. Производственный травматизм и методы его оценки.....	84
Шарендо Н.С., Афанасьева Н.Н. Установление надбавки за вредные условия труда на примере электрогазосварщика.....	86

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А. Система экспресс-диагностики авиационных ГТД.....	89
Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А. Экологически безопасные волоконно-оптические способы сжигания твердого топлива и лесо-хозяйственных отходов в акустически адаптивном пульсирующем потоке.....	90
Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А., Виноградов В.Ю. Система волоконно-оптических датчиков для контроля природных и искусственных сред.....	92
Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А. Комплексирующая система волоконно-оптических датчиков для контроля природных и искусственных сред.....	93
Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А. Метод повышения безопасности эксплуатации авиационной техники с помощью аэроакустической картографии.....	94
Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Казаров В.Ю. Контроль состояния аккумуляторных батарей вертолетов с помощью аэроакустической картографии.....	96
Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Жукова А.В. Единое поле распределенных вод, как инструмент развития аэроакустических измерений проточной части ГТД.....	97
Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Жукова А.В. Принципы пассивной пространственной локализации дефектов по единому полю проточной части ГТД.....	98

Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Жукова А.В. Вопросы БЖД при контроле авиационных ГТД.....	100
Виноградов В.Ю., Виноградов А.Ю., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Файзуллоев Н.Л., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Жукова А.В. Общие вопросы БЖД при исследованиях турбомашин.....	101
Файзуллоев Н.Л., Самигуллин Р.Р., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Сайфуллин А.А., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А. Некоторые вопросы имитационного моделирования устройств.....	102
Сайфуллин А.А., Самигуллин Р.Р., Виноградова Н.В., Виноградова М.В., Юсупов И.И., Хуснетдинов К.Р., Горбунов А.Г., Шматов И.А., Файзуллоев Н.Л. Математическое моделирование и восстановление картографических оптико-акустических параметров газо-воздушного потока на входе энергомашины для повышения ее безопасности при эксплуатации.....	104
Воробьева Н.С. Дендрохронологическая информация как элемент биоинформационных технологий.....	106
Панарин В.М., Маслова А.А. Прогнозирование уровней загрязнения воздуха и водных объектов.....	109
Панарин В.М., Маслова А.А. Модель информационного потока при прогнозировании неблагоприятных ситуаций на основе системы непрерывного контроля загрязнения.....	115
Панарин В.М., Маслова А.А., Трещев Д.В. Метод расчета требуемого снижения объемов выбросов и сбросов загрязняющих веществ.....	119
Хадарцев А.А., Волков А.В. Эвристические возможности результатов декомпозиции эпидемического процесса COVID-19 в России.....	122
Панарин В.М., Маслова А.А., Трещев Д.В. Прогнозирование наступления неблагоприятной экологической ситуации на основе данных автоматизированной системы.....	133
Хадарцев А.А., Волков А.В. Закономерности пространственной динамики эпидемического процесса COVID-19 в ареале восточной Европы.....	138
Афанасьева Н.Н., Четырешников Ф.И. Проблемы практического внедрения процесса экономического обеспечения как части системы охраны труда.....	148
Афанасьева Н.Н., Афанасьева В.И. Ответственность за нарушение требований безопасности на предприятии.....	151
Вепренцева А.В. Цветотерапия или как цвет в интерьере влияет на человека.....	155
Требоганова А.Г., Валова Ю.А. К вопросу об экологичной реконструкции и реставрации.....	157

Яковец Н.В., Преображенская Я.К. К вопросу о здоровых и безопасных домах.....	160
---	-----

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ  
В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ**

Ляшенко Н.В., Лепихова В.А. Экология в системе высшего образования.....	163
Сокур Ю.В. К вопросу о видеозэкологии.....	165
Левенко А.Д., Черникина Д.С. К вопросу об экологических инновациях в архитектуре.....	166