

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»

## **ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**ДОКЛАДЫ  
XXX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

Тула  
«Иновационные технологии»  
2022

УДК 61  
УДК 658.5  
УДК 67

ББК 91.9

**Приоритетные направления развития науки и технологий:**  
доклады XXX международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2022. – 234 с.

Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы развития инновационной деятельности, науки и технологий. Изложены аспекты современных энергосберегающих и ресурсосберегающих производственных технологий, рационального природопользования и экологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных и образовательных технологий для решения научных и прикладных задач.

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

***Рецензенты:***

***Вольхин Сергей Николаевич***, доктор педагогических наук, профессор, ректор АНО ДПО «Академия профессионального развития»;

***Рылеева Евгения Михайловна***, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

***Редакционная коллегия***

*Академик РАН В.П. Мешалкин; проф., д.т.н. В.М. Панарин; доц., д.т.н. А.А. Маслова; проф., д.т.н. Л.Э. Шейнкман, доц., к.т.н. А.Е. Коряков.*

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

ISBN 978-5-6045071-8-6

© Авторы докладов, 2022

© Издательство «Инновационные технологии», 2022

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## ЭКСТРАКЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ Fe(II), Fe(III) В СИСТЕМЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ-2000 – KSCN - Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O

Р.Д. Тангалычев<sup>1</sup>, Н.Б. Березин<sup>2</sup>, Ж.В. Межевич<sup>2</sup>, М.Д. Козьмин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский политехнический университет,  
г. Москва

<sup>2</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

***Аннотация.** Решение экологических проблем с одновременным получением ценных химических веществ приобретает в настоящее время все более актуальное значение.*

*Целью работы является получение и анализ экспериментальных данных по селективному извлечению соединений Fe(III), Fe(II) методом жидкостной экстракции.*

*Экстракция соединений Fe(II), Fe(III) проведена в системе полиэтиленгликоль-2000 - KSCN- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O в области pH 2.0 - 7.0.*

*Для определения массового состава компонентов в системе использовался метод масс-спектрометрии.*

*Установлена возможность эффективной селективной экстракции Fe(III) из смеси соединений Fe(II) и Fe(III) при использовании водной двухфазной системы на основе ПЭГ в присутствии тиоцианата калия в качестве экстрагирующего агента. Приведены закономерности процесса экстракции в зависимости от концентрации, pH и температуры раствора. Экспериментально установлено, что соединения Fe(III) способны в достаточно большом количестве экстрагироваться в верхнюю (водно-полимерную) фазу, обогащенную ПЭГ, при значениях pH меньше 4,0 и концентрации тиоцианата калия более 3 г/л. Показано, что при данных условиях эксперимента, соединения Fe(II) остаются преимущественно в нижней водно-солевой фазе.*

Оценки количества тяжелых металлов в поверхностных природных водных объектах свидетельствуют о серьезном загрязнении природной среды. Соединения железа являются одними из распространенных примесей, которые находятся как в природной воде, так и стоках промышленных предприятий. Как следует из Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды РФ» в период 2010-2020 гг. ежегодно в поверхностные водоемы водных объектов РФ сбрасывается приблизительно 3-6 тыс. тонн соединений железа.

Как показали ранее проведенные исследования, одним из эффективных и перспективных, на наш взгляд, методов извлечения и разделения соединений является жидкостная экстракция с использованием компонентов, соответствующих концепции «Зеленая химия» [1,2].

Целью работы является получение и анализ экспериментальных данных по селективному извлечению соединений Fe (III), Fe(II) методом жидкостной экстракции.

На рис.1 представлено влияние pH раствора на эффективность экстракции соединений железа Fe(III) и Fe(II) при концентрации KSCN 3 г/л.

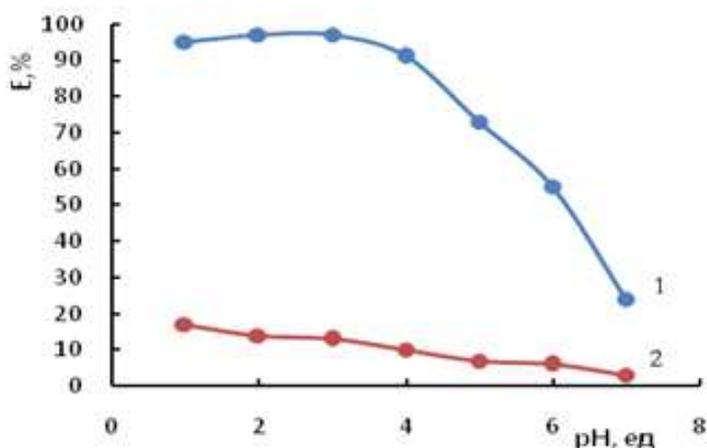


Рис. 1. Влияние pH раствора на степень извлечения (E, %):  
1 – Fe(III); 2 – Fe(II) в верхнюю водно-полимерную фазу

В исследованной области pH 2,0 ... 7,0 экстракция соединений Fe(II) составляет не более 20% (рис. 1.). Высокая степень экстракции соединений Fe(III), наблюдается в области pH 1...4 в присутствии KSCN. При подщелачивании раствора в области pH 7 эффективность экстракции снижается – процент экстракции Fe(III) составляет менее 30 %.

Полученные результаты (рис.1) можно объяснить уменьшением содержания воды в водно-полимерной фазе с подкислением раствора. Как установлено в работе [3] повышение кислотности раствора приводит к повышению гидрофобности верхней водно-полимерной фазы и, исходя из этого, экстрагированные соединения металлов должны иметь более низкую степень гидратации. В такой ситуации должна увеличиваться доля комплексов Fe(III) с тиоцианат-ионами и их переход в водно-полимерную фазу. Нельзя исключить в данном случае и образование более сложных гетеролигандных комплексов Fe(III) с полиэтиленгликолем.

Экстракция ионов Fe(II) и Fe(III) в системе ПЭГ(2000) – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> изучена при концентрациях KSCN 1 ... 5 г/л.

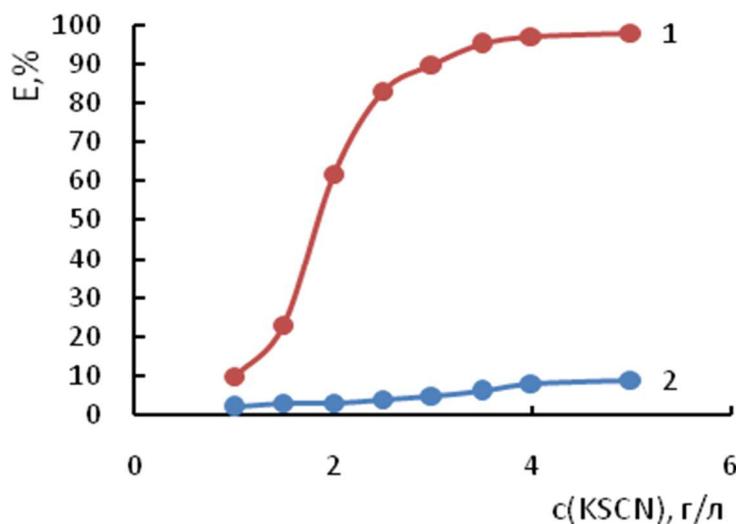


Рис. 2. Влияние концентрации экстрагирующей добавки (тиоцианата) на степень извлечение металлов (E,%): 1– Fe(III); 2 – Fe(II), pH 3

На рис. 2 представлены результаты, которые показывают, что Fe(III) эффективно экстрагируется в верхнюю ПЭГ фазу при концентрации тиоцианата более 3 г/л. При таких условиях соединения Fe(II) остаются преимущественно в нижней водно-солевой фазе экстракционной системы (экстракция составляет не более 10%). Переход соединений Fe(III) в верхнюю фазу, обогащенную ПЭГ, обусловлен, по-видимому, тем, что образующиеся тиоцианатные комплексы более устойчивые по сравнению с сульфатными соединениями и в меньшей степени гидратированы. В случае экстракции Fe(II) устойчивость сульфатных комплексов выше, чем тиоцианатных, поэтому они практически не экстрагируются в водно-полимерную фазу. Для выяснения более детального механизма процесса необходимо провести исследование процессов комплексообразования с определением гетеролигандных комплексов, их долей накопления и констант устойчивости.

Таким образом, в работе установлено, что соединения Fe(III) эффективно экстрагируются в насыщенную ПЭГ фазу при концентрации тиоцианата калия выше 3 г/л, pH 2...4 водно-солевого раствора, и температуре системы не ниже 25 °С.

Соединения Fe(II) преимущественно находятся в нижней водно-солевой фазе экстракционной системы.

### Список литературы

1. *Белаш Е.А. Жидкостная экстракция соединений хрома из стоков гальванических станций железнодорожных производств / Е.А. Белаш, Р.Д. Тангалычев, В.Г. Попов, Н.Б. Березин, Ж.В. Межевич // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т.22, № 12. – С.58-63.*

2. *Федорова М.И. Экстракция в системе Fe(III), Zn(II) И Mn(II) с «зеленым» растворителем для тиоцианата-триоктилметил аммония / М.И. Федорова, И.В. Зиновьева, Ю.А. Заходяева, А.А. Вошкин // Теоретические основы химической технологии. – 2020. – Т. 54, № 2. – С. 202-207.*

3. *Guilminot E. Mechanism of iron corrosion in water-polyethylene glycol (PEG 400) mixtures / E. Guilminot, F. Dalard, C. Degrygny // Corrosion Science. – 2002. – Vol. 44. – P. 2199-2208.*

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ЧИТИНСКОГО УЧАСТКА БАМ, СТАНЦИЯ УРУША

Е.А. Кулькова, М.А. Мельникова  
Читинский техникум железнодорожного транспорта,  
г. Чита

*Аннотация. В процессе технического обслуживания, на станции Уруша, локомотивное депо потребляет определенное количество чистой воды и образует сточные воды, которые сбрасываются в поверхностные водные объекты: реки и озера, что приводит*

к загрязнению окружающей среды. Источником загрязнения поверхностных и подземных вод, которые были использованы в технологическом процессе – это поверхностный сток промышленных площадок, фильтрационные утечки вредных веществ из емкостей, трубопроводов и других сооружений, аварийные сбросы и проливы сточных вод на промышленных объектах, осадки, содержащие пыль и загрязняющие вещества от промышленных выбросов, выпадающие на поверхность водных объектов. Рассмотрим водопотребление и водоотведение на станции Уруша.

## Водопотребление и водоотведение железнодорожным транспортом

### 1. Локомотивные, вагонные депо и ремонтные заводы

Наименование объекта	м <sup>3</sup>			
	Без оборотного водопользования		При оборотном водопользовании	
	водопотребление	водоотведение	водопотребление	водоотведение
Экипировка тепловозов	1.0	-	-	-
Промывка и заправка аккумуляторов	2.0	1.0	0.22	-
Промывка радиаторов, топливных баков	1.4	1.3	0.15	0.1

### 2. Пункты технического обслуживания вагонов, подготовка вагонов к перевозкам

Наименование объекта	Без оборотного водопользования		При оборотном водопользовании	
	водопотребление	водоотведение	водопотребление	водоотведение
Внутренняя промывка грузовых вагонов	1.0	0.8	0.2	0.17
Внутренняя промывка рефрижераторных вагонов	2.0	1.8	-	-
Наружная промывка вагонов	3.0	2.8	-	-

Из таблицы видно, что локомотивное депо использует воду при промывке и заправки аккумулятора, радиаторов, топливных баков, а также внутренняя промывка грузовых и рефрижераторных вагонов. Основными загрязнителями производственных стоков являются нефтепродукты и взвешенные вещества, а также в небольших количествах в них присутствуют поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенолы, соли тяжелых металлов и другое.

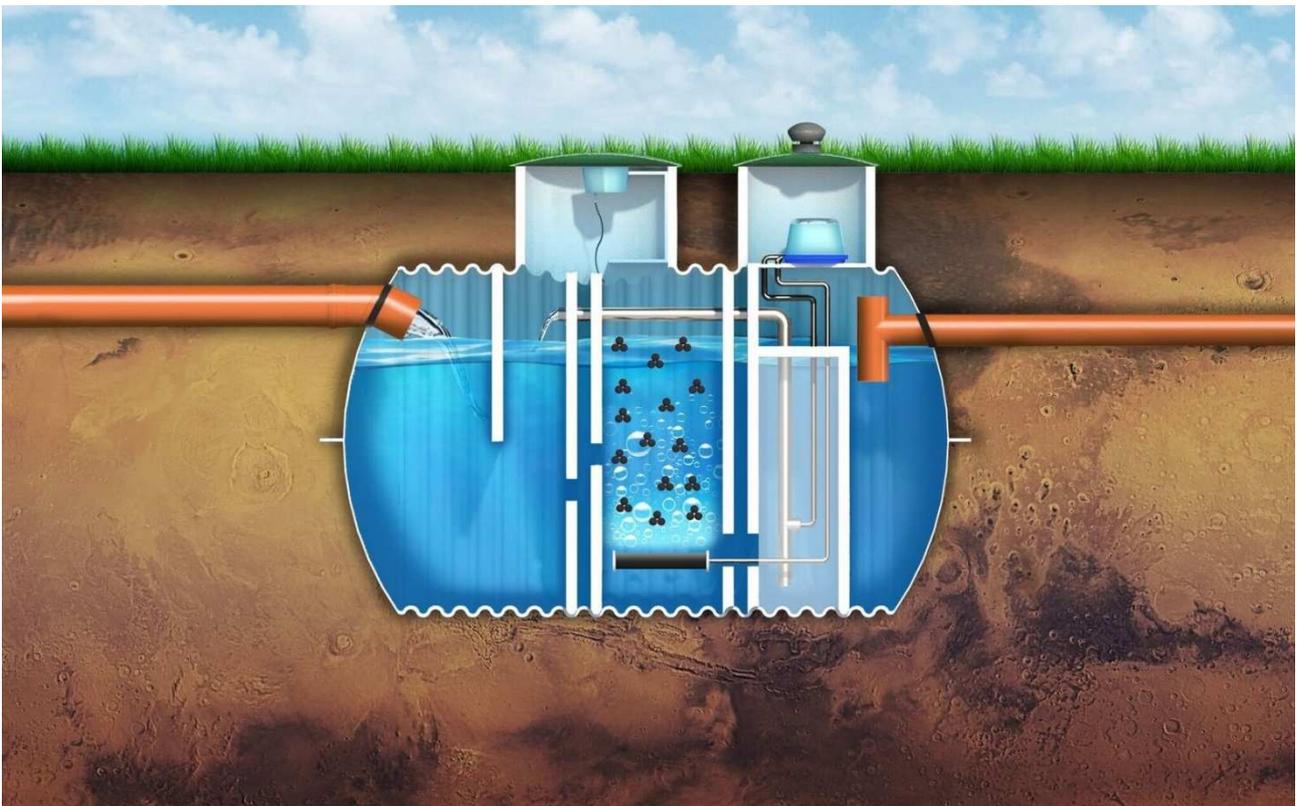
Наименование	Содержание веществ в сточной воде,	Выход загрязнений, кг/сут
	мг/дм <sup>3</sup>	
Взвешенные вещества	479,27	310,56
Эфирорастворимые вещества, в т.ч.:	135,55	87,83
нефтепродукты	100,90	65,38
СПАВ	34,65	22,45
Железо общее	0,803	0,52
Никель	0,18	0,12
Медь	0,69	0,45
Цинк	1,16	0,75
Кадмий	1,11	0,72
Свинец	2,4	2,1
Барий	0,25	0,16
Литий	0,36	0,23
Натрий	54,80	35,51

### **Решение и применение технологий по очистке воды**

На станции очистка воды происходит естественной фильтрации, что недостаточно для полной очистки с минимальными показателями токсичных веществ. Чтобы не превышать нормы загрязнения воды, на железнодорожных предприятиях в основном используют гидромеханическую, химическую очистку, фильтрацию воды, а также биологическую и физико-химическую очистку воды. В очистных сооружениях малой и средней производительности для поверхностного стока с относительно малозагрязнённых территорий водосбора при предварительном его осветлении применяют аккумулирующие резервуар, выделение которых органических и минеральных загрязнений из обработанного водоочистными реагентами стока может производиться методом контактной фильтрации на напорных или открытых контактных фильтрах. Но так как станция маленькая и нет необходимости для строительства крупного очистительного сооружения, то оптимальным решением будет биологическая очистка. Она основывается на способности микроорганизмов использовать разнообразные вещества, содержащиеся в самих загрязнённых водах. Если в поверхностных сточных водах трудно окисляемых органических загрязнений (СПАВ, нефтепродукты и др.) в качестве загрузки рекомендуется использовать активированный уголь (гранулированный фракцией 1-3 мм или порошкообразный). Сочетание биологических и сорбционных процессов в одном сооружении обеспечит качество очищенных сточных вод, удовлетворяющих требованиям на сброс в водоёмы на станции. Объединение указанных процессов при их синергическом взаимодействии позволяет максимально использовать достоинства каждого. Совмещение биологических и сорбционных процессов с применением дроблёных цеолитов (фракцией 1-3 мм) позволит интенсифицировать процесс нитрификации и обеспечить глубокое удаление аммонийного азота из поверхностного стока до требований на сброс в

водоёмы. Применение активированного угля и цеолитов на стадии биологической очистки или доочистки не потребуют их замены за счёт непрерывной 94 биологической регенерации сорбента. При этом процессы нитрификации и окисления органических загрязнений в сооружениях с прикреплённым биоценозом будут протекать достаточно эффективно и при низких температурах (до 3-5 °С). Для увеличения окислительной мощности и сокращения объёмов сооружений биологической очистки возможно применение технологии мембранного биореактора (МБР), сочетающей процессы биологической очистки и мембранного разделения ило-водяной смеси. Проектирование и расчёт сооружений биологической очистки поверхностного стока надлежит выполнять в соответствии с рекомендациями организаций-разработчиков. Это не только сократит выброс неочищенных вод, но и улучшит экологическую обстановку в поселке Уруша.

Рассмотренная проблема не только касается станции Уруша, но и всех железнодорожных предприятий, где проводится очистительные меры и водоснабжение для подвижного состава. Я считаю, что на каждом участке должны быть установлены очистительные сооружения, независимо от того какая напряженность станции, так как вода является одним из необходимых компонентов для производственных и очистительных процессов на железной дороге.



Биологическая очистка

## Список литературы

1. Медведева В.М. Организация Природоохранной работы на предприятиях железнодорожного транспорта / В.М. Медведева, Н.И. Зубрёв. – 2014. – 55-75 с.
2. Систер В.Г. Современные технологии обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов / В.Г. Систер, А.Н. Мирный. – М.: АКХ, 2003. – 136с.
3. Обрядчиков А.О. Экология и железнодорожный транспорт. Серия «Железнодорожный транспорт». Выпуск 12 / А.О. Обрядчиков. – 2003. – 32 с.
4. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России. Под редакцией В.Ф. Протасова / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – М.: Статистика и финансы, 1995. – 428с.
5. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления / В.И. Сметанин. – М.: Колос, 2000. – 212 с
6. Энциклопедия Забайкальского края, раздел железнодорожные станции.
7. Методические пособия по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных веществ в сточные воды. – М. Издательский центр «Академия», 2007.

## СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСОРЦИУМОВ БИОПРЕПАРАТОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ

А.В. Нечаева<sup>1,2</sup>, С.В. Остах<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина,

<sup>2</sup> Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, ФИЦ Биотехнологии РАН,  
г. Москва

*Аннотация.* Одним из наиболее развитых направлений технологии является применение микроорганизмов в составе биопрепаратов для деградации нефтяных углеводородов в почве. На сегодняшний день существует огромное количество биопрепаратов-нефтедеструкторов, но эффективность каждого из них сильно зависит от природных факторов, таких как температура, кислотность, засоленность почвы и др. В связи с этим необходимо формировать консорциум биопрепарата для использования методов очистки почв. Целью данной работы было предложить способ проектирования консорциума биопрепарата-нефтедеструктора на основе оценки нефтеокисляющей активности штаммов при определенных условиях.

В настоящее время очищение окружающей среды от нефти и нефтепродуктов с помощью живых организмов – биоремедиация – набирает все большие обороты, т.к. подобные биотехнологии являются экономически выгодными, безопасными и «близкими к природе». Благодаря этим достоинствам биоремедиация является все более популярным в последнее время вариантом очистки почвы от нефти и широко признанной альтернативой физико-химическим методам [1; 2].

Применение микроорганизмов при биоремедиации почв после разливов нефти и нефтепродуктов является экологически прогрессивным подходом, т.к. деградация углеводов происходит за счет катаболической способности бактерий разлагать сложные органические вещества до более простых, а в случае полной минерализации – до углекислого газа и воды [1; 3].

На нефтеокисляющую активность, а значит и на эффективность биоремедиации, оказывают влияние множество факторов, среди которых температура, тип загрязнителя, кислотность почвы, присутствие солей тяжелых металлов и многие другие [4]. В связи с этим производителям многочисленных биопрепаратов не стоит стремиться к универсальности – важно принять во внимание почвенно-климатические условия зоны биоремедиации и влияние различных неблагоприятных факторов на эффективность биодеградации [5]. Таким образом, целью данной работы было предложить способ проектирования консорциума биопрепарата-нефтедеструктора на основе оценки нефтеокисляющей активности штаммов при определенных условиях.

В первую очередь, перед тем, как приступить к формированию консорциума, необходимо разобраться, какие факторы будут значительно влиять на эффективность процесса биоремедиации при заданных условиях. Одним из самых важных факторов, способных существенно понизить или повысить эффективность биодеградации углеводов является температура [6], оказывающая влияние на многие параметры.

Во-первых, она может воздействовать непосредственно на свойства загрязнителя, например, при низкой температуре увеличивается вязкость нефти, в то время как летучесть легких фракций – наиболее токсичных веществ для микроорганизмов – снижается, замедляя тем самым начало процесса биоремедиации.

Во-вторых, от температуры зависит рост, жизнедеятельность и, наконец, разнообразие бактерий, от которых в свою очередь зависит скорость разложения углеводов. Как правило, она достигает максимума при 30 °С – оптимальной температуре развития для многих микроорганизмов-нефтедеструкторов. Но стоит отметить, что при низких температурах (0-5 °С) биоремедиация также возможна, однако с гораздо меньшей скоростью [7].

Следующим из основных факторов, который необходимо учесть, является кислотность почвы. Практически для всех нефтеокисляющих бактерий оптимальной является нейтральная реакция среды (pH=6.5-7.5), поэтому деградация загрязнителя в кислых или щелочных почвах замедляется, либо полностью прекращается. Это в том числе связано с влиянием pH на активность ферментов, выделяемых микроорганизмами во внешнюю среду для разложения нефти на более простые органические соединения. Таким образом, нейтральная кислотность почвы способствует большей численности и разнообразию микроорганизмов, а также более высокой ферментативной активности [8].

Еще одним немаловажным фактором являются характеристики загрязнителя, в первую очередь – его структура, которая определяет биодоступность вещества. Известно, что проще всего бактерии деградируют вещества с линейной неразветвленной структурой, и чем сложнее по строению

будет молекула загрязнителя, тем менее биодоступной она будет. Так деградации сложно подвергаются ароматические соединения, не имеющие каких-либо заместителей, а практически устойчивыми к разложению считаются полиароматические углеводороды, содержащие в своем составе большое количество ароматических колец. Кроме того, различные заместители, например, галогены, также снижают биодоступность разлагаемого вещества [9].

В последнее время среди параметров, обуславливающих скорость биологического разложения, все чаще упоминаются тяжелые металлы. В связи с антропогенной деятельностью человека концентрации этих токсикантов постоянно увеличиваются в почве, поэтому разрабатывая биопрепарат или применяя его, нельзя не учитывать воздействие тяжелых металлов на процесс биоремедиации. С одной стороны, в малых концентрациях металлы, как микроэлементы, могут интенсифицировать жизнедеятельность микроорганизмов, тем самым ускоряя процесс восстановления почв. Примерами таких элементов могут служить медь, цинк, марганец, железо и др. С другой стороны, эти же металлы, но в больших концентрациях способны угнетать рост и развитие микроорганизмов, замедляя процесс нефтедеструкции. Кроме того, необходимо помнить, что другие металлы, такие как ртуть, мышьяк, свинец, вредны для живых организмов в любых количествах [10].

Помимо перечисленных выше абиотических факторов, на эффективность биоремедиации также влияют тип почвы, наличие дополнительных питательных веществ, влажность, доступность кислорода и другие параметры. Но не менее существенным оказывается воздействие биологических факторов.

Среди биологических параметров ключевым является биоразнообразие консорциума, от которого зависит количество и состав веществ, которые могут быть деградированы. Это связано со специфичностью ферментов, выделяемых клетками. Благодаря этой специфичности каждый микроорганизм избирательно разлагает конкретный субстрат. По этой причине бактерии наиболее полно очищают почву в составе консорциума. Таким образом создается своеобразная пищевая сеть, где продукт разложения одной клетки может служить источником энергии для другой [11]. Также разные бактерии и, соответственно, разные ферментные системы имеют свои оптимальные диапазоны температур, pH и т.п., поэтому биопрепараты, состоящие из одного-двух видов бактерий, являются приспособленными к работе в довольно узком спектре условий, что опять же доказывает преимущество применения полибактериальных препаратов-нефтедеструкторов [12].

Однако при использовании полибактериальных биопрепаратов не стоит забывать про еще один немаловажный фактор – конкуренцию между микроорганизмами, которая в свою очередь связана с еще одним параметром – использованием в биопрепаратах аборигенных штаммов.

В настоящее время установлено, что внесение чужеродных бактерий в среду может приводить к конкуренции между вносимыми микроорганизмами и аборигенной микрофлорой. Вследствие такой конкуренции, бактерии могут начать продуцировать токсичные вещества, что вызовет вторичное загрязнение. Именно поэтому в составе биопрепаратов желательно применять

микроорганизмы, выделенные непосредственно с места загрязнения. Такие бактерии несомненно будут обладать большим нефтеокисляющим потенциалом по сравнению с полученными в лабораторных условиях клетками [13]. Но прежде чем совмещать различные штаммы в консорциуме, также стоит проверить, не будут ли они конкурировать между собой.

Таким образом, мы определили несколько значимых факторов, которые важно учитывать при селекции микроорганизмов и конструировании специализированных консорциумов биопрепарата.

После того, как определены факторы, способные значительно повлиять на процесс биоремедиации, следует отобрать несколько подходящих под условия ключевых штаммов, используемых при производстве практически всех биопрепаратов, как правило, это бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus* и др. [11]. Затем необходимо выделить аборигенные штаммы с места загрязнения, которые позволят исключить в будущем внесение в природную среду чужеродной микрофлоры. После этого выделяют критерии, по которым можно будет оценить нефтеокисляющую активность каждого штамма. В качестве критерия нефтеокисления может быть использована численность микроорганизмов, измеренная, например, с помощью микроскопии [14], чашечного метода [15] или косвенно по измерению светопоглощения / светорассеивания [14].

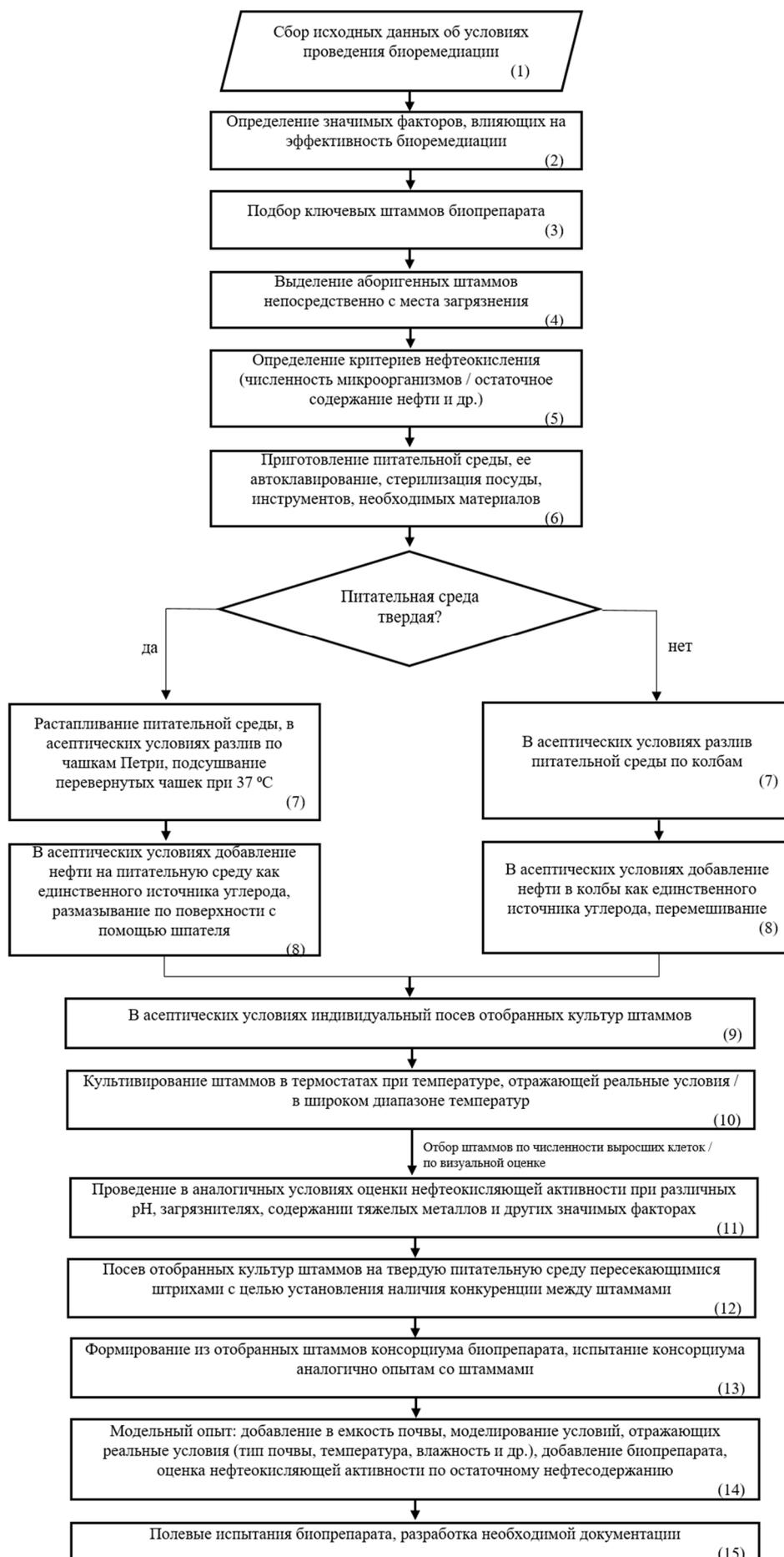
Критерием нефтеокисляющей активности также может служить остаточное содержание нефти, установленное гравиметрическим методом [16]. В случае жидкой питательной среды, возможно использовать визуальную методику оценки, по которой можно сделать вывод о нефтедеструкции по накоплению биомассы, мутности и цвету среды, наличию нефтяного ободка и нефтяной пленки и т. п. [17].

Посев каждого штамма проводится индивидуально в асептических условиях на питательную среду, где в качестве единственного источника углерода используется нефть.

Для начала нефтеокисляющую способность штаммов оценивают при разных температурах. Микроорганизмы возможно культивировать в термостате либо при температуре, моделирующей реальные условия, либо установить широкий диапазон температур и отобрать штаммы, стабильно разлагающие загрязнитель при разных температурах.

Культивирование проводится в течение нескольких суток, после чего отобранные штаммы оценивают на устойчивость к различной кислотности среды. Для регулирования кислотности в питательную среду добавляют концентрированную соляную кислоту или ЭДТА-Na. Как и в случае с температурой, рН может отображать реальное значение или может задаваться диапазон. Штаммы культивируют при температуре, отражающей заданные условия, в течение нескольких суток.

Далее отобранные микроорганизмы исследуют на устойчивость к тяжелым металлам, присутствующим в очищаемой почве, добавляя в среду металлы в виде солей. И в конце для оставшихся штаммов определяют спектр действия, добавляя в качестве загрязнителя в среду различные вещества. На каждом этапе критерием нефтеокисления служит численность микроорганизмов.



Алгоритм проектирования консорциума биопрепарата-нефтедеструктора

Чтобы оценить возможность конкуренции штаммов, проводят их посев на твердую питательную среду пересекающимися штрихами. В случае задержки роста в месте пересечения культур, делается вывод о подавлении одного штамма другим.

После проведенных опытов из отобранных штаммов формируют консорциум и оценивают его нефтеокисляющее действие по тому же принципу, что и активность каждого штамма. Стоит отметить, что недостаточно провести оценку нефтеокисления биопрепарата на питательной среде, т.к. в этом случае не отображается влияние многих факторов, таких как тип почвы, влажность и др. В связи с этим для полученного консорциума необходимо провести модельный опыт, наиболее полный отображающий условия загрязнения. Для этого емкость заполняется определенным объемом почвы, задается влажность, кислотность и другие параметры, после чего вносится полученный биопрепарат и оценивается его действие.

Испытание биопрепарата завершается полевым опытом в делянках и разработкой отчетной документации. На последних двух этапах критерием нефтеокисления служит остаточное содержание нефти, измеряемое гравиметрическим методом.

Алгоритм проектирования консорциума с учетом иерархии использования методологии нефтеокисляющего действия представлен на рисунке.

Тестирование технологий очистки и восстановления техногенно нарушенных территорий с использованием биопрепаратов-нефтедеструкторов целесообразно проводить в специальных микроклиматических унифицированных условиях с последовательным применением автоматизированной климатической системы, тестовой площадки и контрольного участка проекта рекультивации земель [18].

Таким образом, предложенный способ проектирования консорциума биопрепарата-нефтедеструктора на основе оценки нефтеокисляющей активности штаммов применим при активном поиске и выделении аборигенных штаммов с возможностью изготовления конкурентно-способных биопрепаратов.

Технологические ограничения, то есть возможность работы в конкретных условиях, для каждого случая прорабатываются индивидуально в различных экстремальных почвенно-климатических условиях различных регионов России.

### Список литературы

1. da Silva S. *Soil bioremediation: Overview of technologies and trends* / S. da Silva, I. Gonçalves, F. C. Gomes de Almeida, N. M. Padilha da Rocha e Silva, A. A. Casazza, A. Converti, L. Asfora Sarubbo // *Energies*, 2020. – Т. 13. №. 18. – P. 4664. <https://www.mdpi.com/Journals/Energies/Volume13/Issue18/10.3390/en13184664>.
2. Vishwakarma G.S. *Current status, challenges and future of bioremediation* / G. S. Vishwakarma, G. Bhattacharjee, N. Gohil, V. Singh / *Bioremediation of pollutants*. Elsevier, 2020. P. 403-415. [https://www.sciencedirect.com/Journals & Books / Bioremediation of Pollutants. From Genetic Engineering to Genome](https://www.sciencedirect.com/Journals&Books/Bioremediation%20of%20Pollutants.From%20Genetic%20Engineering%20to%20Genome)

*Engineering / 20 - Current status, challenges and future of bioremediation / 10.1016/B978-0-12-819025-8.00020-X.*

3. Garbisu C. *Plasmid-mediated bioaugmentation for the bioremediation of contaminated soils / C. Garbisu, O. Garaiyurrebaso, L. Epelde, E. Grohmann, I. Alkorta // Frontiers in microbiology, 2017. – Т. 8. – P. 1966. [Https:// www.frontiersin.org / articles / Science / Frontiers in Microbiology / Evolutionary and Genomic Microbiology / 10.3389/fmicb.2017.01966](https://www.frontiersin.org/articles/Science/Frontiers%20in%20Microbiology/Evolutionary%20and%20Genomic%20Microbiology/10.3389/fmicb.2017.01966)*

4. Singh A. *Petroleum microbiology / A. Singh, O. P. Ward, J. D Van Hamme, G. Voordouw / Encyclopedia of Microbiology (Third Edition), 2009. – P. 443-456. [Https:// www.sciencedirect.com / Journals & Books / Encyclopedia of Microbiology \(Third Edition\) / Petroleum Microbiology / 10.1016/B978-012373944-5.00171-1](https://www.sciencedirect.com/Journals%20and%20Books/Encyclopedia%20of%20Microbiology%20(Third%20Edition)/Petroleum%20Microbiology/10.1016/B978-012373944-5.00171-1)*

5. Винокуров В.А. *Использование биодеструкторов для очистки территорий от нефти и нефтепродуктов: Обзор / В.А. Винокуров, Р.Г. Василев. – Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова, 2013. – Т. 9. №. 1. – 81 с.*

6. Chen S. *Bioremediation of petroleum-contaminated soil / S. Chen, M. Zhong / Environmental Chemistry and Recent Pollution Control Approaches, 2019. – Т. 34. – P. 1-12. [Https:// www.intechopen.com / books / Environmental Chemistry and Recent Pollution Control Approaches / 10.5772/intechopen.80247.](https://www.intechopen.com/books/Environmental%20Chemistry%20and%20Recent%20Pollution%20Control%20Approaches/10.5772/intechopen.80247)*

7. Jain P.K. *Bioremediation of petroleum oil contaminated soil and water / P.K. Jain, V.K. Gupta, R.K. Gaur, M. Lowry, D.P. Jaroli, U.K. Chauhan / Research journal of environmental toxicology, 2011. – Т. 5. №. 1. – P. 1. [Https:// www.researchgate.net / publication / 10.3923/rjet.2011.1.26](https://www.researchgate.net/publication/10.3923/rjet.2011.1.26)*

8. Pawar R.M. *The effect of soil pH on bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) / R. . Pawar / Journal of Bioremediation & Biodegradation, 2015. [Https:// www.researchgate.net / publication / 10.4172/2155-6199.1000291](https://www.researchgate.net/publication/10.4172/2155-6199.1000291)*

9. Смирнова Т.С. *Основы биоремедиации нефтезагрязненных почв. Часть 1: учебное пособие / Т.С. Смирнова, О.С. Остах, – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2022. – 92 с.*

10. Chibuike G.U. *Heavy metal polluted soils: effect on plants and bioremediation methods / G.U. Chibuike, S.C. Obiora / Applied and environmental soil science, 2014. Т. 2014. [Https:// www.hindawi.com / Applied and Environmental Soil Science / 2014 / Article / 10.1155/2014/752708](https://www.hindawi.com/Applied%20and%20Environmental%20Soil%20Science/2014/Article/10.1155/2014/752708)*

11. Брянская А.В. *Теоретические и практические аспекты проблемы биологического окисления углеводов микроорганизмами / А.В. Брянская, Ю.Е. Уварова, Н. М. Слынько, Е.А. Демидов, А.С. Розанов, С.Е. Пельтек. – Вавиловский журнал генетики и селекции, 2015. – Т. 18. №. 4/2. – С. 999-1002.*

12. Артюх Е.А. *Перспективы применения биосорбентов для очистки водоемов при ликвидации аварийных разливов нефти / Е.А. Артюх, А.С. Мазур, Т.В. Украинцева, Л.В. Костюк. – Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), 2014. – №. 26. – С. 58-66.*

13. Плешакова Е.В. *Интродукция нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязнённую почву: проблемы и перспективы / Е.В. Плешакова // Известия*

Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология, 2011. – Т. 11. №. 2. – С. 102-111.

14. *Общая фармакопейная статья Определение концентрации микробных клеток: (ОФС.1.7.2.0008.15): официальное издание: утверждена Фармакопейным комитетом Министерства здравоохранения Российской Федерации 29.10.2015: введена в действие 01.01.2016. – М., 2016.*

15. *Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации: официальное издание: утверждены Заместителем главного государственного санитарного врача Российской Федерации – Главным врачом Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России Е.Н. Беляевым 24.12.2004 года: введены в действие 24.12.2004. – М., 2004.*

16. <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CMD/manuals/Man-ASE-ASE150-OperatorsNov2020-DOC065207-04.pdf>

17. *Отчет по определению нефтеокисляющей активности микробных консорциумов: официальное издание: утвержден директором Национального Биоресурсного Центра «НИЦ Курчатовский институт – ГосНИИгенетика» профессором С. П. Синеоким 2018 г.: введена в действие в 2018 г. – М., 2018.*

18. *Остах С.В. Автоматизация тестирования и информатизация внедрения технологий микробиоремедиации / С.В. Остах, М.Е. Безруков, О.С. Остах. – Системы контроля окружающей среды, 2018. № 12(32), – С. 38-43.*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВЧ-РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

Э.Р. Абдеев, Р.И. Сайтов  
Башкирский государственный университет,  
г. Уфа

***Аннотация.** Разработаны физико-химические и технологические основы инжиниринга нового энергоэффективного электрохимического процесса экологически безопасного обезвоживания нефтешламов. Экспериментально-теоретически выявлены закономерности снижения содержания воды в нефтешламах при их кратковременной обработке СВЧ-излучением малой мощности. Для аппаратурной реализации установки нового электрохимического процесса очистки нефтешламов предложена схема размещения СВЧ-генераторов на обрабатываемом участке трубопровода из шламонакопителя, позволяющая обеспечить попадание всего объема потока под воздействие СВЧ-энергии за счет создания турбулентности потока.*

В докладе предлагается технология низкотемпературного СВЧ-разделения водонефтяной эмульсии (ВНЭ) при переработке нефтешламов. Приведены результаты теоретического обоснования и проверки адекватности математической модели, позволяющей определить оптимальные параметры СВЧ-техники и технологии. Применяемые в настоящее время наиболее

распространенные способы переработки нефтешламов [1-3], при малоэффективности и дороговизне имеют целый ряд других недостатков, основными из которых являются сжигание «полезных» углеводородов, образование в больших объемах углекислого газа и других токсичных газов, низкая производительность, невозможность использования при низких температурах, неприменимость для труднорасплаиваемых высоковязких нефтешламов.

В настоящее время одним из перспективных технологий в нефтедобывающей и перерабатывающей отраслях считается высокочастотная и сверхвысокочастотная обработка углеводородных соединений для снижения вязкости при транспортировке, разделения устойчивых эмульсий при первичной переработке нефти, утилизации буровых нефтешламовых отходов и отходов нефтехимического производства [4]. При этом разделение фаз эмульсии происходит, в основном, за счет нагрева, что требует использования мощных (десятки кВт) СВЧ-генераторов.

Для определения параметров СВЧ-поля, достаточных для разрушения глобул водонефтяной эмульсии нами предложена математическая модель, связывающая напряженность электрического поля с известными дипольными моментами связанных зарядов и электронной, атомной и релаксационной (ориентационной) поляризуемостью.

$$p = \alpha E_0$$

где  $p$  – дипольный момент молекул воды и связей типа водород – углерод, кислород – углерод, присутствующих в водонефтяной и нефтеводяной эмульсиях, Кл м;  $\alpha$  – поляризуемость, м<sup>3</sup>;  $E_0$  – амплитуда напряженности электрического поля, В/м.

Откуда  $E_0 = p/\alpha$ . Поскольку параметры  $p$  и  $\alpha$ , разные для разных молекул и связей выбираем максимальное значение  $p_{max} = 11.12 \cdot 10^{-30}$  и минимальное  $\alpha_{min} = 0.48 \cdot 10^{-30}$ , что определит минимально необходимую для разрушения эмульсии напряженность электрического поля, равную 23.1 В/м. Примем  $E_0$  равным 100 В/м и оценим температуру нагрева за 1 секунду при нормальных условиях, используя разработанную нами модель нагрева многокомпонентных смесей

$$T(r) = T_0 + S_0 \sum_{i=1}^n k_i F_{ei} \frac{e^{-2\alpha_i r} (\exp(4\alpha_i^2 a_i^2 t) - 1)}{2\lambda_{ami} \alpha_i}$$

где  $T(r)$  – температура среды, °С;  $r$  – расстояние от источника, м;  $T_0$  – начальная температура пласта, °С;  $\alpha_i$  – коэффициент затухания электромагнитного поля в воде, нефти и песке соответственно, дБ/м;  $k_i$  – объемная доля воды, нефти и песка в общем объеме смеси соответственно;  $S_0$  – вектор Пойнтинга в вакууме,  $F_{ei}$  – коэффициент энергетического прохождения в  $i$ -ой среде (1 – вода, 2 – нефть, 3 – песок),  $\lambda_{ami}$  – коэффициент теплопроводности  $i$ -ой среды, Вт/(м К),  $a_i^2 = \lambda/(c \rho)$  – коэффициент температуропроводности  $i$ -ой среды;  $t$  – время, с. За 1 секунду происходит нагрев на 2.4 °С.

Экспериментальная проверка полученных результатов расчета на частоте 10 ГГц и мощности генератора 3 Вт показала адекватность предложенной модели. Таким образом, в работе доказана возможность низкотемпературного СВЧ-разделения водонефтяных эмульсий. Реализация предложенного подхода позволит устранить недостатки существующих методов.

### Список литературы

1. Дудышев В.Д. Утилизация нефтешламов / В.Д. Дудышев. – Экология и промышленность России, 2002. – №5. – 20-23 с.
2. Бакастова Н.В. Решение проблем по переработке нефтешламов методом центробежной сепарации / Н.В. Бакастова. – Нефтяное хозяйство, 2005. – №3. – 36-37 с.
3. Ягафарова Г.Г. Биотехнологический метод очистки нефтешлама / Г.Г. Ягафарова, Е.Г. Ильина, Э.М. Гатауллина, В.Б. Барахнина. – Транспорт и хранение нефтепродуктов, 2004. – №9. – 10-13.
4. Бахонина Е.И. Подготовка к утилизации углеводородсодержащих отходов с применением микроволн / Е.И. Бахонина. – Баш.хим.ж, 2006. – Т.13, №3. – 70-72.

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СОПОЛИМЕРОВ ЦИТРАТОВ КРАХМАЛА С ПВС

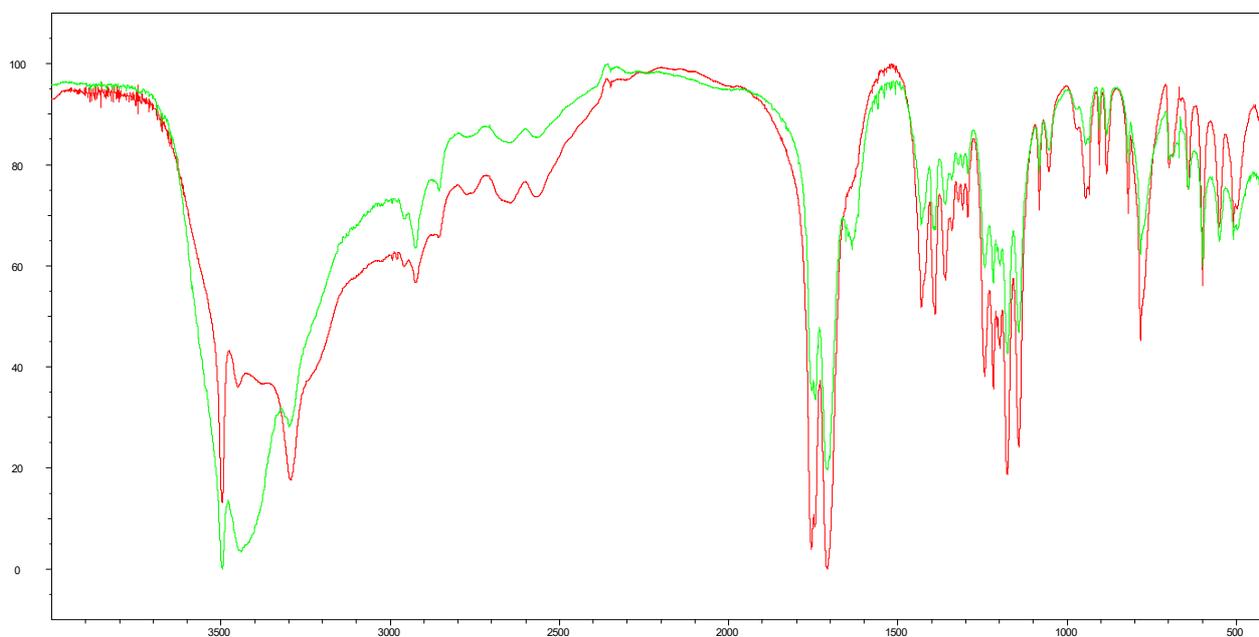
А.В. Протопопов, Е.В. Курочкина, Г.А. Гавриленко, Н.И. Никулин  
Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

*Аннотация.* В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой и ПВС. Получение сложных эфиров крахмала подтверждено методом ИК-спектроскопии. Изучена растворимость полученных сополимеров крахмала с ПВС в различного типа растворителях.

Крахмал, представляющий собой природный углеводный биополимер, на протяжении многих десятилетий является предметом академических и промышленных исследований, в основном из-за его низкой стоимости, биоразлагаемости и универсальности использования. Химическая модификация крахмала путем прививки к нему различных мономеров придает крахмалу повышенную гидрофильность, гидрофобность или полиэлектролитный характер в зависимости от используемого реагента и условий. Привитые сополимеры крахмала синтезируются свободными радикалами реакцией крахмала с акриловыми мономерами в присутствии инициатора свободных радикалов, такого как нитрат церия и аммония. Высокая вязкость, термическая стабильность, способность к биологическому разложению, хорошие пленкообразующие свойства и водопоглощающая способность – вот некоторые из свойств, проявляемых привитыми сополимерами крахмала. Привитые

сополимеры находят различное применение в промышленности в качестве флокулянтов, очистки сточных вод и удаления ионов тяжелых металлов, для проклейки хлопка, в качестве мульчирующих пленок, при бурении нефтяных скважин, в качестве биоразлагаемых полимеров и суперабсорбентов. Привитые сополимеры крахмала также приобретают все большее значение в производстве формованных пластмасс, ионообменных смол, пластиковых пленок и в косметике. Небиоразлагаемые пластиковые отходы представляют собой экологическую угрозу. Использование крахмала в качестве наполнителя и замены гидрогелей на основе синтетических полимеров в настоящее время является активной областью исследований. Включение крахмала в другие синтетические полимеры не только снижает нашу зависимость от мономеров нефтехимического происхождения, но также обеспечивает материалы, в которых часть крахмала может быстро разлагаться в окружающей среде.

В ходе работы было проведено взаимодействие цитратов крахмала с поливиниловым спиртом в среде толуола при температурах 30 °С и 50 °С при продолжительности синтеза 3 часа.



ИК спектр продуктов взаимодействия цитратов крахмала с ПВС при 30 °С (красный) и 50 °С (зеленый)

Анализ методом ИК-спектроскопии показал образование сложноэфирной связи, на спектрах образцов появляются полосы поглощения в области 1730 и 1230  $\text{см}^{-1}$ , ответственные за колебания сложноэфирной связи. Полоса поглощения в области 3600  $\text{см}^{-1}$  резко сужается, что свидетельствует об уменьшении водородных связей гидроксильной группы, что, в свою очередь, свидетельствует о сокращении количества гидроксильных групп и отсутствии их взаимодействия вследствие образования поперечных связей.

Полученные продукты обладают высокой эластичностью и отсутствием растворимости.

Поведение образцов продуктов взаимодействия цитратов крахмала с ПВС в различных растворителях

растворитель	Условия получения образца сополимера крахмала и ПВС	
	30 °	50 °
вода	стал эластичным	набух, стал эластичным
уайт спирт	уменьшился в размерах	уменьшился в размерах
четырёххлористый	без изменений	без изменений
изопропиловый спирт	без изменений	слабое набухание
диоксан	стал прозрачный, мягкий и эластичный	стал прозрачный, мягкий и эластичный
циклогексан	стал прозрачный, мягкий и эластичный	стал прозрачный, мягкий и эластичный
бутилацетат	уменьшился в размерах, затвердел	уменьшился в размерах, затвердел
толуол	затвердел	затвердел
бензол	уменьшился в размерах, затвердел	затвердел
уксусная кислота	набух, размягчение	набух, размягчение, стал рыхлым

Продукты взаимодействия с данной кислотой являются перспективными материалами с сетчатой структурой или, в зависимости от степени взаимодействия, сложными эфирами с свободной ионной группой. По завершению процесса были получены продукты, которые не растворяются в полярных и неполярных растворителях.

### Список литературы

1. A.N. Jyothi (2010) *Starch Graft Copolymers: Novel Applications in Industry, Composite Interfaces*, 17:2-3, 165-174, DOI: 10.1163/092764410X490581

## КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АЦИЛИРОВАНИЯ ЛИГНИНА АДИПИНОВОЙ 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 работе рассмотрен способ получения сложных эфиров лигнина с адипиновой кислотой. Определена степень замещения полученных терефталатов, которая составляет от 0,2 до 0,4 в зависимости от продолжительности и температуры синтеза. В ходе работы изучена кинетика ацилирования лигнина адипиновой кислотой.

Лигнины в настоящее время считаются основным ароматическим возобновляемым ресурсом. Они представляют собой превосходное альтернативное сырье для разработки химикатов и полимеров. Лигнин представляет собой широко распространенный биополимерный материал, который вместе с целлюлозой составляет один из основных компонентов структурных клеточных стенок высших сосудистых растений. Большое количество лигнина ежегодно доступно в многочисленных процессах варки целлюлозы, таких как бумажная и биохимическая промышленность. Экстракция лигнина из лигноцеллюлозной биомассы (древесина, однолетние растения) представляет собой ключевой момент для его широкого использования в промышленности. Одной из основных проблем все еще остается его нечетко определенная структура и его универсальность в зависимости от процессов происхождения, разделения и фрагментации, что в основном ограничивает его использование. Хотя в настоящее время лигнин часто используется в качестве наполнителя или добавки, он редко используется в качестве сырья для химического производства. Тем не менее, он может быть отличным кандидатом для химических модификаций и реакций из-за его высокофункционального характера (т.е. богатого фенольными и алифатическими гидроксильными группами) для разработки новых материалов на биологической основе. Химическая модификация лигнина привела к многочисленным усилиям и исследованиям со значительными исследованиями в течение последних десятилетий.

Нами были проведены исследования по взаимодействию сульфатного лигнина с адипиновой кислотой в среде толуола. Реакцию проводили в течении 1-5 часов при температурах 30-60 °С.

В качестве ацилирующего агента была выбрана адипиновая кислота, которая является двухосновной карбоновой кислотой. Продукты взаимодействия с данной кислотой являются перспективными материалами с сетчатой структурой или, в зависимости от степени взаимодействия, сложными эфирами с свободной ионной группой. По завершению процесса были получены продукты, плохо смачиваемые водой и хорошо взаимодействующие с толуолом.

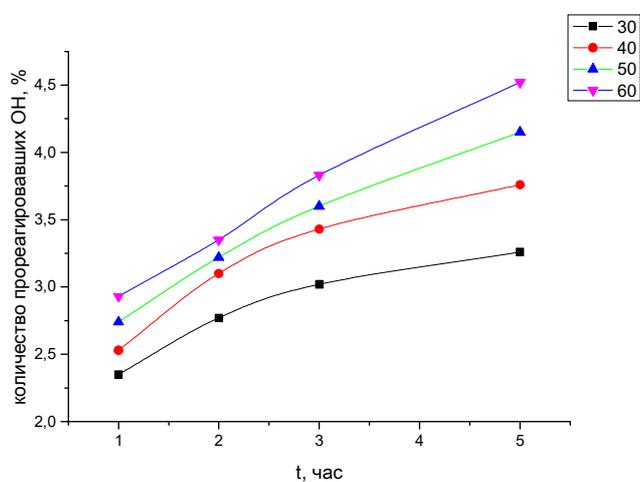


Рис. 1. Количество прореагировавших гидроксильных групп лигнина в полученных продуктах при различных температурах

Степень превращения полученных продуктов варьируется от 0,2 до 0,4 в зависимости от температуры и продолжительности синтеза.

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

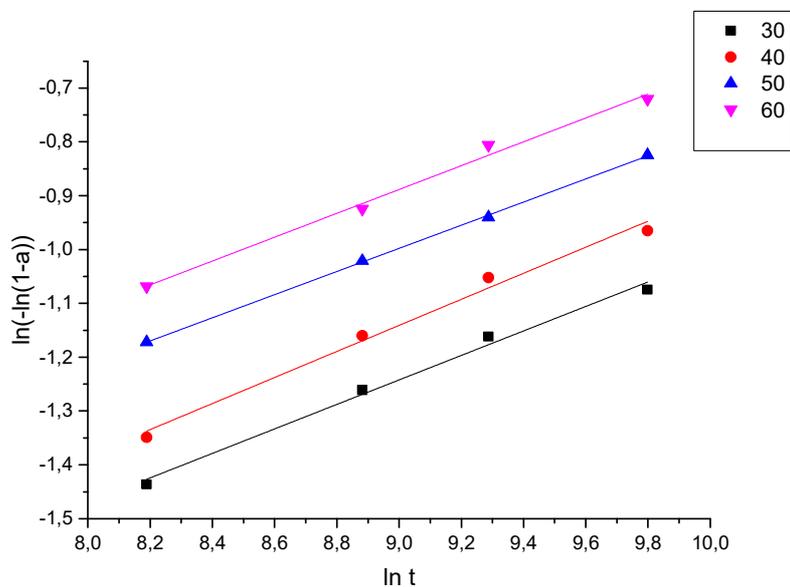


Рис. 2. Кинетические анаморфозы ацилирования лигнина адипиновой кислотой

Из построенных кинетических анаморфоз (рис. 2) были рассчитаны константы скорости реакции ацилирования лигнина и, впоследствии, рассчитаны кинетические параметры ацилирования с применением уравнения Эйринга. Энтропия активации составляет  $-394,25 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ , энтальпия активации  $23,0 \text{ кДж/моль}$ . Сравнение с энергией активации, вычисленной с применением уравнения Аррениуса  $20,4 \text{ кДж/моль}$

Полученные данные показывают возможность взаимодействия лигнина с дикарбоновыми кислотами. Расчет кинетических закономерностей реакции ацилирования показал ее протекание по сложному механизму с образованием промежуточных продуктов, а также большее влияние диффузии компонентов, в частности реакционных групп, по сравнению со скоростью процесса ацилирования.

### Список литературы

1. *Stéphanie Laurichesse, Luc Avérous. Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers / Progress in Polymer Science. Volume 39, Issue 7, July 2014, Pages 1266-1290*
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 КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ АЦИЛИРОВАНИЯ КРАХМАЛА 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.* В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой. Определена степень замещения полученных цитратов, которая составляет от 1,1 до 2,8 в зависимости от продолжительности и температуры синтеза. В ходе работы изучена кинетика ацилирования крахмала лимонной кислотой.

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.

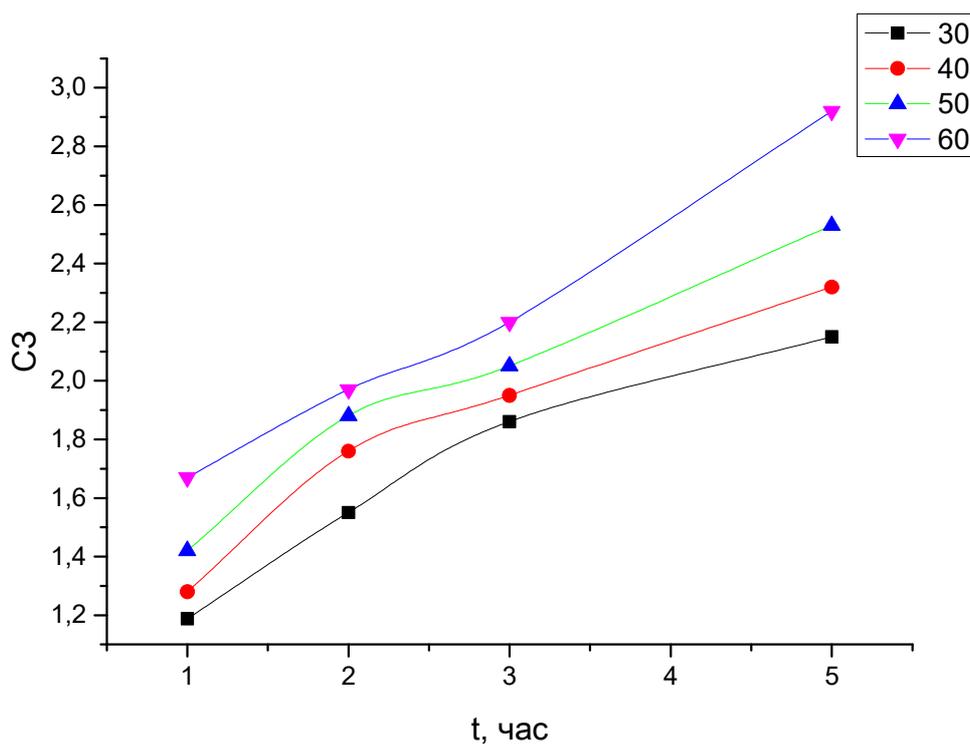


Рис. 1. Степень замещения в полученном продукте при различных температурах

Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии (рисунок 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.

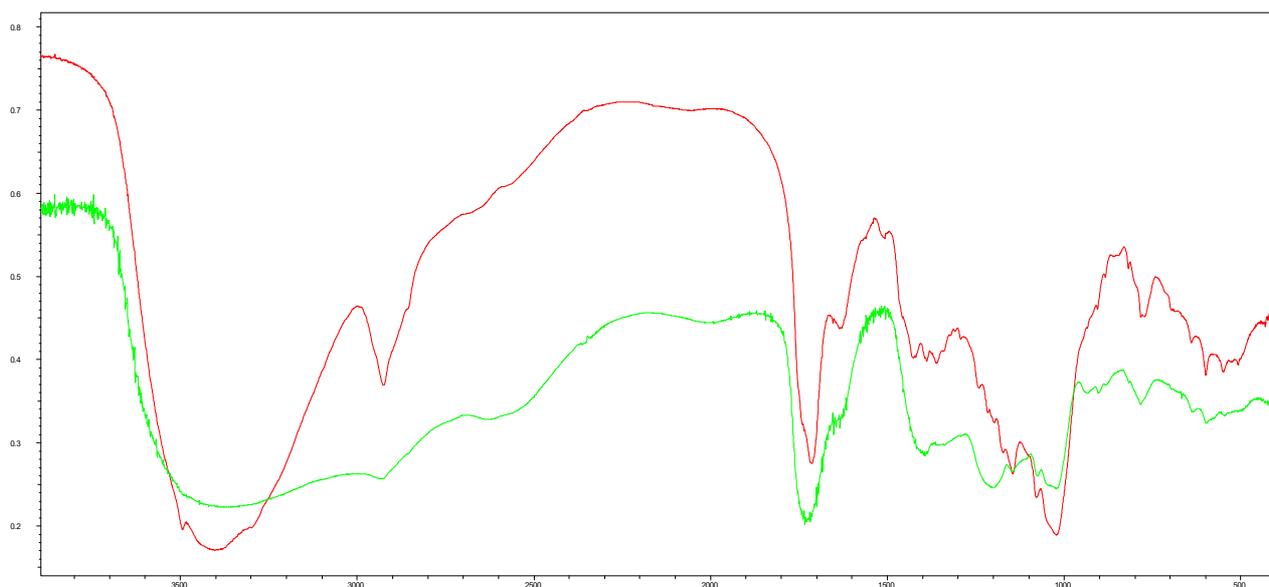


Рис. 2. ИК-спектр продукта, полученного при температуре  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и продолжительности 1 час

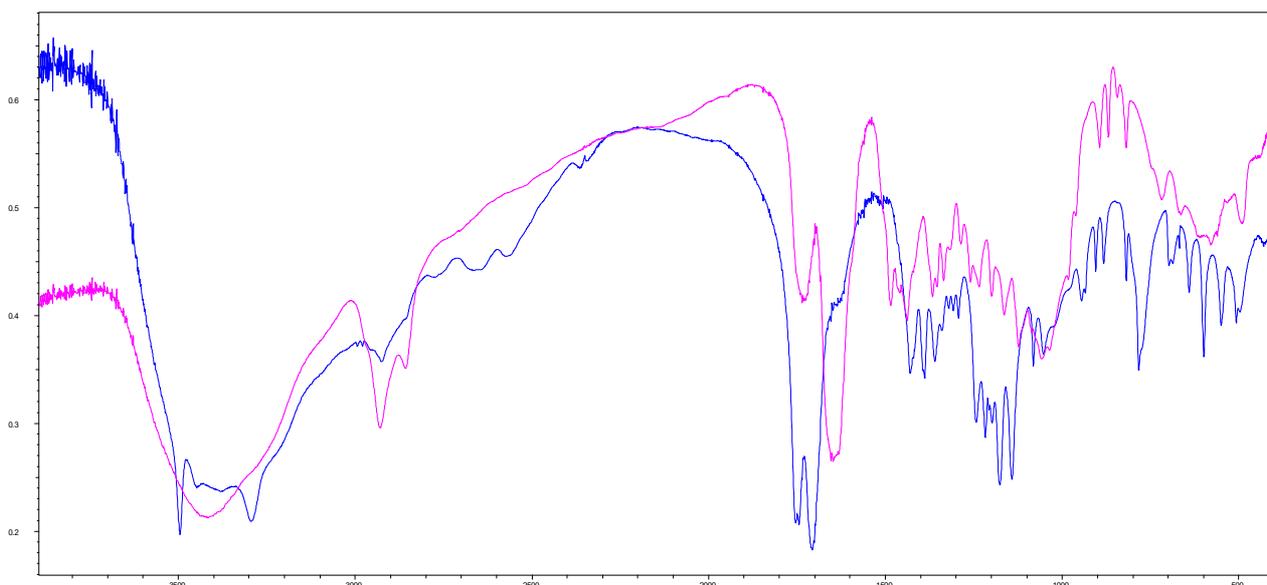


Рис. 3. ИК-спектр продукта, полученного при температуре 30 °С и продолжительности 5 часов

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.

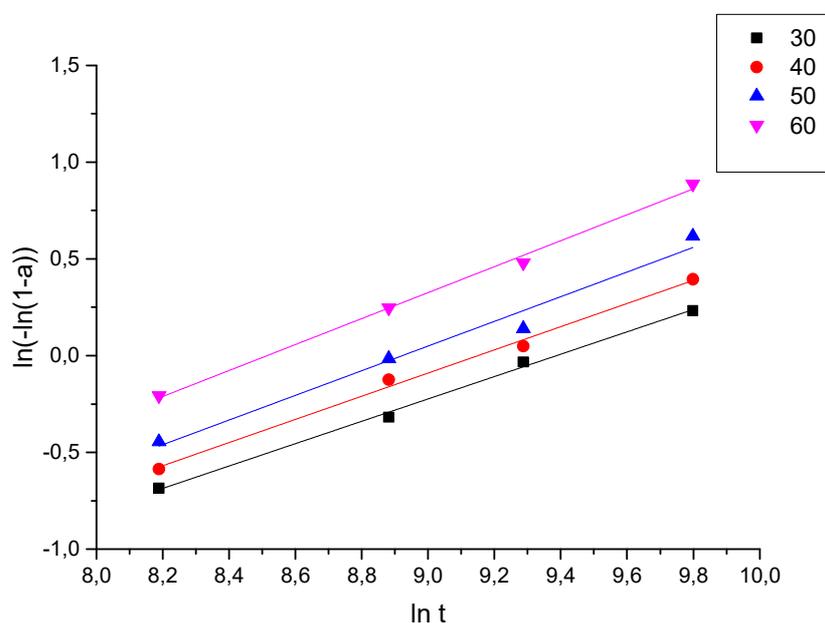


Рис. 4. Кинетические анаморфозы ацилирования крахмала лимонной кислотой

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА АЦИЛИРОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ КАПРОЛАКТАМОМ

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

*Аннотация.* В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров лигнина с адипиновой кислотой. Определена степень замещения полученных терефталатов, которая составляет от 0,2 до 0,4 в зависимости от продолжительности и температуры синтеза. В ходе работы изучена кинетика ацилирования лигнина адипиновой кислотой.

Интенсификация скорости химических реакций в жидкой среде одна из основных задач промышленной химии. Традиционно это достигается повышением концентрации реагентов, повышением температуры или давления, применением дорогостоящих катализаторов.

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.

Аминоцеллюлозы представляют собой полусинтетические производные полисахаридов, функционализированные аминогруппами. Этот класс полимеров на биологической основе обладает рядом интересных свойств для передовых применений, таких как потенциальная антимикробная активность и выраженное сродство поверхности к различным материалам.

В ходе проведенной работы, нами изучен процесс ацилирования целлюлозы капролактамом с целью получения производных целлюлозы с аминокaproновой кислотой. Реакцию проводили в гетерогенной среде толуола при 30-60 °С.

В ходе проделанных работ было проведено взаимодействие целлюлозы с капролактамом в среде толуола и муравьиной кислоты, при этом кислота

выполняет роль протонного растворителя, а толуол – инертная среда. На первом этапе проводили набухание целлюлозы в толуоле и впоследствии добавляли муравьиную кислоту и капролактамы.

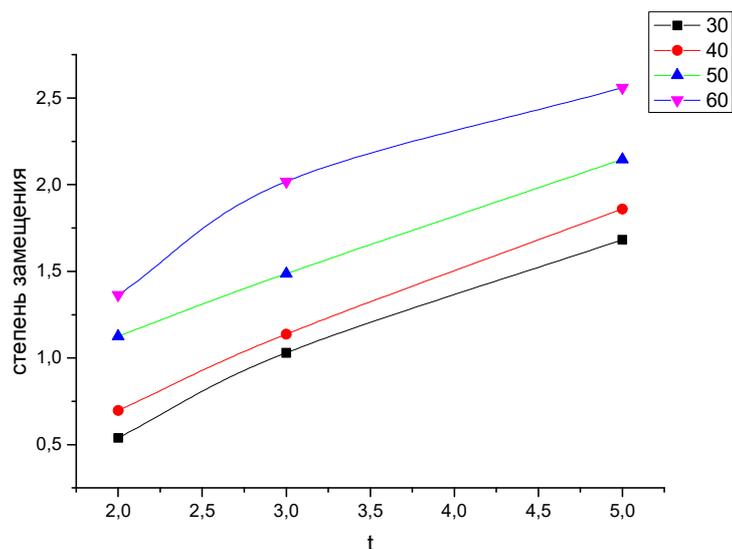


Рис. 1. Степень замещения в полученных продуктах при различных температурах в зависимости от продолжительности синтеза

Наблюдается увеличение степени замещения в целлюлозе с ростом температуры и продолжительности синтеза. При максимальных времени и температуре синтеза получены практически полностью замещенные сложные эфиры целлюлозы.

Анализ полученных продуктов методом ИК-спектроскопии показал образование сложноэфирной связи, что подтверждает взаимодействие целлюлозы с капролактамом.

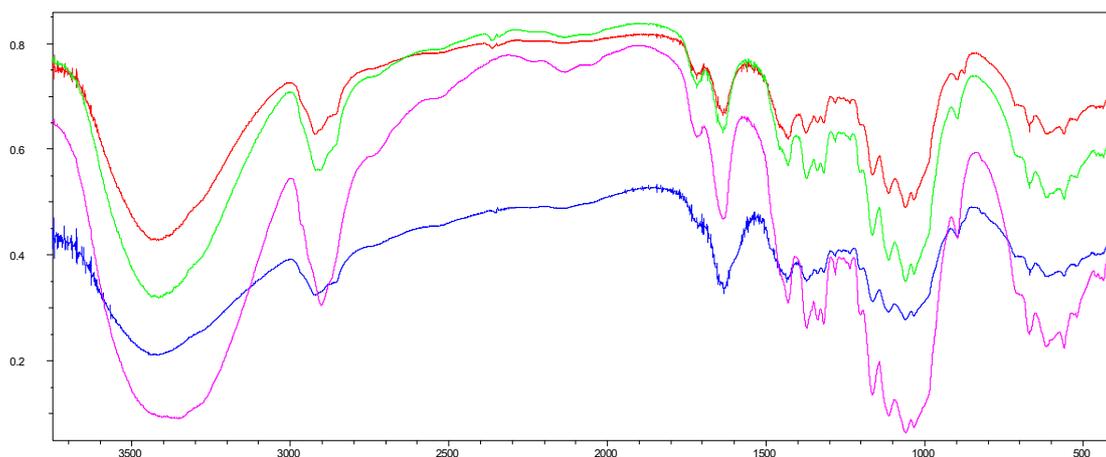


Рис. 2. ИК-спектр полученных продуктов

Влияние ультразвука на реакцию взаимодействия капролактама с целлюлозой показало, что при проведении обработкой ультразвуком при 30 °C и продолжительности 20 минут содержание связанной аминокaproновой кислоты составляет 63,5 % или в расчете на степень замещения сложного эфира целлюлозы 2,35.

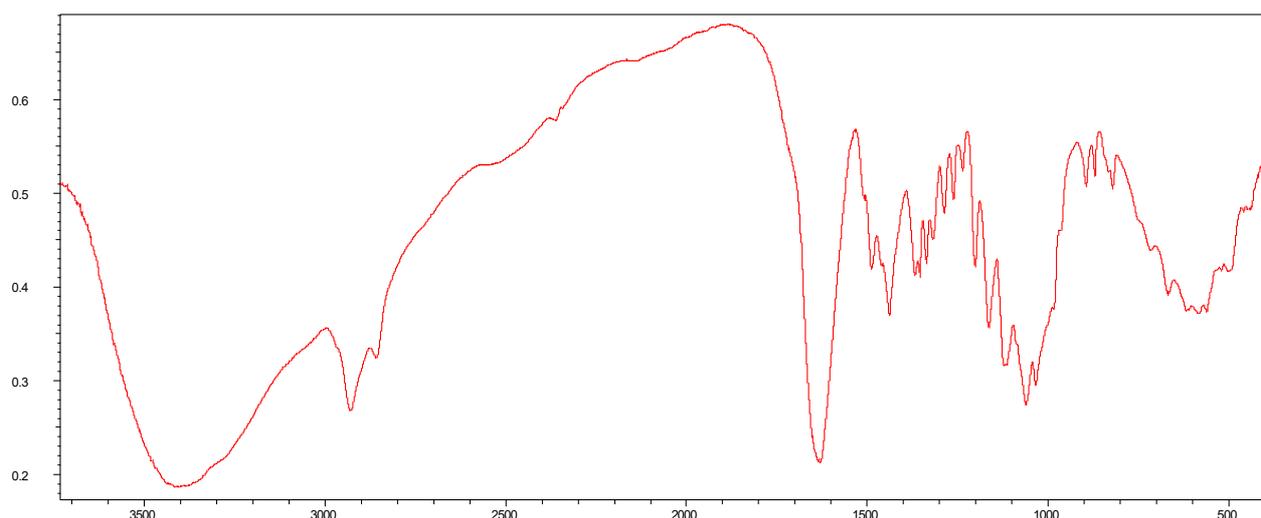


Рис. 3. ИК-спектр целлюлозы, обработанной капролактамом в среде толуола при воздействии ультразвука

Данные ИК-спектроскопии показывают увеличение полос поглощения в области  $1730\text{ см}^{-1}$  и  $1280\text{ см}^{-1}$  ответственных за колебания сложноэфирной связи, что подтверждает протекание реакции при облучении ультразвуковыми колебаниями.

Проведенные исследования показали возможность активации капролактама для взаимодействия с целлюлозой для получения сложных эфиров целлюлозы.

### Список литературы

1. Никитина Т.В. Ацилирование целлюлозы капролактамом при различных температурах / Т.В. Никитина, А.И. Шалимова, А.В. Протопопов // Приднепровский научный вестник / Volume 3 № 11, 2020. г.Днепр Издательство «Наука и образование» 2020. – С. 17-19.
2. Никитина Т.В. Изучение взаимодействия целлюлозы с капролактамом / Т.В. Никитина, А.В. Протопопов // Materiały XVI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Nauka i inowacja – 2020», Volume 6 Przemysł: Nauka i studia – s. 37-39.
3. Никитина Т.В. Получение производных целлюлозы с капролактамом / Т.В. Никитина, А.В. Протопопов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2020. Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева»; редкол.: А.А. Хорешок (отв. редактор), В.А. Колмаков [и др.]. – Кемерово, 2020.

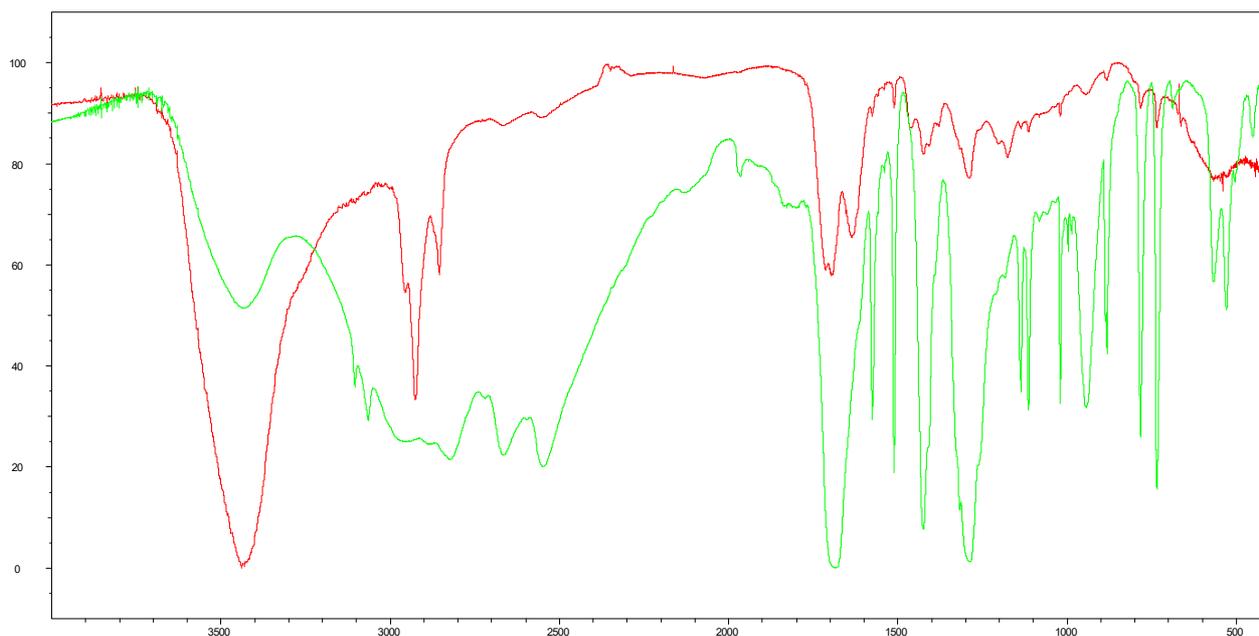
# ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СОПОЛИМЕРОВ ДРЕВЕСИНЫ И ПВС

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

*Аннотация.* В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров древесины с терефталевой кислотой и ПВС. Получение сложных эфиров древесины подтверждено методом ИК-спектроскопии. Изучена растворимость полученных сополимеров древесины с ПВС в различного типа растворителях.

Древесина считается важной биомассой, которая используется для различных целей из-за ее высокой прочности. Спрос на ее утилизацию растет, что в основном связано с увеличением населения планеты. Однако при этом площади, покрытые лесом, сокращаются. Нестабильность размеров и недолговечность дерева обуславливают его ограниченное использование по сравнению с пластиком или синтетическими материалами. Древесина также пористая и гигроскопичная по своей природе и содержит клеточные стенки. Древесина разлагается и очень восприимчива к биологическому разложению термитами, грибами и насекомыми. Для получения новых композиционных материалов древесина представляется доступным сырьем. Получаемые при этом материалы обладают экологичностью, биоразлагаемостью и биосовместимостью.

Нами были проведены исследования по взаимодействию древесины осины с терефталевой кислотой и поливиниловым спиртом в среде толуола. Реакцию проводили в течении 3 часов при температурах 30 и 50 °С.



ИК спектр продуктов взаимодействия терефталатов древесины с ПВС  
при 30 °С (красный) и 50 °С (зеленый)

В качестве ацилирующего агента была выбрана терефталевая кислота, которая является двухосновной карбоновой кислотой и способна одновременно взаимодействовать с двумя гидроксильными группами.

Анализ методом ИК-спектроскопии показал образование сложноэфирной связи, на спектрах образцов появляются полосы поглощения в области 1730 и 1230  $\text{см}^{-1}$ , ответственные за колебания сложноэфирной связи. Полоса поглощения в области 3600  $\text{см}^{-1}$  резко сужается, что свидетельствует об уменьшении водородных связей гидроксильной группы, что, в свою очередь, свидетельствует о сокращении количества гидроксильных групп и отсутствии их взаимодействия вследствие образования поперечных связей.

Продукты взаимодействия с данной кислотой являются перспективными материалами с сетчатой структурой или, в зависимости от степени взаимодействия, сложными эфирами с свободной ионной группой. По завершению процесса были получены продукты, которые не растворяются в полярных и неполярных растворителях.

Поведение образцов продуктов взаимодействия терефталатов древесины с ПВС в различных растворителях

растворитель	Условия получения образца сополимера древесины и ПВС	
	30 °	50 °
вода	слабо набух, стал эластичным	набух, стал эластичным
уайт спирт	слабо набух, твердый	без изменений
четырёххлористый	без изменений	без изменений
изопропиловый спирт	без изменений	слабое набухание
диоксан	набух	набухание, стал мягким
циклогексан	слабо набух, растворитель пожелтел	слабо набух, рыхлый и мягкий
бутилацетат	без изменений	без изменений
толуол	без изменений	без изменений
бензол	без изменений	без изменений
уксусная кислота	набух, размягчение	набух, размягчение, стал рыхлым

Проведенные исследования показывают возможность нерастворимых продуктов крахмала, обладающих высокой эластичностью и способностью к набуханию в полярных растворителях.

### Список литературы

1. *FAO. Global Forest Products Facts and Figures 2018; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Quebec City, QC, Canada. Available online: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA7415EN/>.*

2. Stirling, R.; Sturrock, R.N.; Braybrooks, A. Fungal decay of western redcedar wood products—A review. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 2017, 125, 105-115. [Google Scholar] [CrossRef]

3. Gradeci, K.; Labonnote, N.; Time, B.; Köhler, J. Mould growth criteria and design avoidance approaches in wood-based materials—A systematic review. *Constr. Build. Mater.* 2017, 150, 77–88. [Google Scholar] [CrossRef]

4. Mazela, B.; Zakrzewski, R.; Grześkowiak, W.; Cofta, G.; Bartkowiak, M. Resistance of thermally modified wood to basidiomycetes. *Electron. J. Polish Agric. Univ.* 2004, 7, 253–262. [Google Scholar]

5. Hill, C.A.S. Wood modification: Chemical, thermal and other processes. *BioResources* 2006, 6, 918–919. [Google Scholar] [CrossRef]

## **АНАЛИЗ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Ю.Н. Пушилина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье рассматриваются и анализируются основные виды загрязнений в области строительства и реконструкции зданий и сооружений.

Известно, что любая планируемая к реализации (строительство, реконструкция и эксплуатация) хозяйственная деятельность несет негативное воздействие на окружающую среду и, следовательно, должна иметь соответствующее экологическое обоснование или экологическое сопровождение [1,2].

При оценке и анализе воздействия объекта на окружающую среду специалистами выявляются: существующие характеристики состояния окружающей среды в районе расположения объекта; виды, основные источники и интенсивность существующего техногенного воздействия в выбранном районе; характер, объем и интенсивность предполагаемого воздействия рассматриваемого объекта на основные компоненты окружающей среды в процессереконструкции и эксплуатации.

Рассмотрим основные виды загрязнения по группам.

### Химические загрязнения.

#### ➤ Загрязнение атмосферного воздуха.

Воздух является важнейшим компонентом, дающим жизнь всему живому на планете. Он выполняет защитную (барьерную) экологическую функцию, предохраняя планету от солнечного излучения.

#### ➤ Загрязнение поверхностных и подземных вод.

Загрязнение водоемов есть ухудшение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них загрязняющих веществ.

С целью снижения неблагоприятного воздействия на водную среду во время проведения строительных, ремонтных работ или работ при реконструкции предусматривается ряд мероприятий профилактического характера. Они направлены на снижение степени загрязненности поверхностных стоков.

#### Биологическое загрязнение.

Загрязнение на почвенный и растительный мир может быть прямым и косвенным.

К прямым относятся:

- выжигание растительности и вырубка леса.

Косвенное воздействие подразумевает изменение в той или иной мере условий обитания животного и растительного мира в результате антропогенного загрязнения воды, атмосферного воздуха, чрезмерного применения минеральных удобрений и пестицидов.

Комплекс мероприятий предусматривается по предупреждению и локализации возможных нерегламентированных нарушений почвенно-растительного покрова. На земельных участках краткосрочного пользования, нарушенных в процессе производства дорожно-строительных работ, предусматриваются мероприятия по их восстановлению (рекультивации) [2,4].

Мероприятия по охране почвенно-растительного покрова и рекультивация земельных участков, нарушенных в процессе строительства, является неотъемлемой частью технологического процесса строительства рассматриваемого проектной документацией объекта.

#### Физическое загрязнение.

➤ Механическое загрязнение подразумевает активное попадание в воду механических примесей, таких как шлам, строительный мусор, песок. Они могут значительно ухудшать качественные показатели воды.

➤ Тепловое загрязнение – изменение температуры среды в результате выбросов нагретых или охлажденных газов, загрязненного воздуха, воды в окружающую среду.

➤ Шумовое загрязнение – раздражающий шум преимущественно антропогенного происхождения, нарушающий жизнедеятельность живых организмов и человека. Основными источниками шума (в период строительства, ремонта и реставрации) являются все виды техники, оборудования и шум от транспортных средств.

Если рассматривать и анализировать все основные виды загрязнений в области строительства и реконструкции зданий и сооружений, то необходимо отметить, что любой строительный объект или сооружение – это мощный источник загрязнения окружающей среды, что необходимо понимать и анализировать на всех этапах строительства и эксплуатации [3].

В заключение, необходимо отметить, что так или иначе, любой вид хозяйственной деятельности несет отрицательное воздействие на окружающую среду и, следовательно, должна иметь соответствующее экологическое обоснование и четкое соблюдение всех нормативов, в противном случае, возникают непоправимые проблемы в области окружающей среды, а также здоровья человека.

### Список литературы

1. Пушилина Ю.Н. Экологическая безопасность строительных технологий / Ю.Н. Пушилина // Дизайн XXI века. IV Всероссийская научно-практическая интернет-конференция с международным участием. – Тула, 2020. – С. 304-308.
2. Пушилина Ю.Н. Экология и экологическая безопасность в градостроительстве (на примере Тульской области): монография / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. – 317 с.
3. Пушилина Ю.Н. Организация и формирование искусственной среды на основе комплексного экологического подхода / Ю.Н. Пушилина // Известия Тульского государственного университета. – Технические науки. – 2016. – Вып.7. – Ч. 2. – С. 145-151.
4. Федеральный закон № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (с изм. на 13.07.2020 г.).
5. Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды (с изм. на 9.03.2021 г.).
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
7. Алексеева Л.Л. Экологические проблемы в строительной индустрии. Методические указания по выполнению практических занятий для студентов специальностей 290300 «Промышленное и гражданское строительство», 290500 «городское строительство и хозяйство». Ангарская государственная техническая академия. – Ангарск: АГТА, 2001. – 68 с.

### ГИДРОГРАФ РЕКИ УПА И РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА ЩЕКИНСКОЙ ГРЭС

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

*Аннотация.* В статье приведено построение гидрографа реки Упа (Щекинская ГРЭС, Тульская область) в створах гидроузла, интегральной кривой стока на основе гидрографа стока расчетной обеспеченности реки. Графический прием расчета отличается иллюстративной наглядностью, позволяющей лучше понять сущность и проследить процесс регулирования стока.

Проектирование Щекинской ГРЭС было начато в 1946 году. Проектирование главного здания производилось Московским отделением «Теплоэнергопроекта», проектирование гидротехнических сооружений Ленинградским отделением «Теплоэнергопроекта».

Для снабжения Щекинской ГРЭС водой был спроектирован и построен гидроузел на реке Упа, включающий в себя собственно Щекинское водохранилище (пруд-охладитель с перегораживающей дамбой, прорезью и запанью) грунтовые плотины (левобережную и правобережную) бетонный

водосброс, береговые насосные станции (БНС) № 1, 2, 3, металлические напорные и сливные циркуляционные водоотводы, закрытые отводящие железобетонные каналы, открытый отводящий канал с сооружениями на нем. При проектировании гидроузла изучались гидрологические характеристики и проводилось сравнение вариантов использования гидроресурсов.

Площадь водосбора реки в створах плотины составила 1400 км<sup>2</sup>, непосредственно в створах влияния гидротехнических сооружений площадь водосбора составляет 118 км<sup>2</sup>.

Модуль стока принят 4,8 л/с км<sup>2</sup>. 50-ти процентная обеспеченность годового стока оценивается величиной 202 млн м<sup>3</sup>. С учетом внутригодового распределения значения расходов по месяцам выглядят следующим образом (табл. 1)

Таблица 1

Значения расходов по месяцам с учетом внутригодового распределения

М <sup>3</sup> /с	Расход воды по месяцам (50% обеспеченность)												Млн м <sup>3</sup>
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
50% обесп.	7,05	5,11	7,92	114,45	11,51	9,11	8,62	7,80	8,06	7,29	8,06	7,01	202
95% обесп.	3,764	3,856	13,913	42,942	4,539	4,233	3,764	5,192	5,294	5,324	5,916	3,263	102

Для работы электростанций из реки должны забирать воду. При работе береговой насосной станции бывают извлекаемы:

- вода при работе 2 блока на нагрузку 100 МВт, расход 64000 м<sup>3</sup>/час;
- вода, используемая при переходах по насосам Первомайской ТЭЦ, на береговой НС №3 с забором 48000 м<sup>3</sup>/час;
- вода, используемая для забора на технологические нужды насосами технической воды, 1 ЦЭН на 1 скорости производительностью 12000 м<sup>3</sup>/час.

Итого одновременно забирается вода с расходом 124000 м<sup>3</sup>/час, месячный расход составляет 8,93 млн м<sup>3</sup>.

Сравнение потребного объема забираемых ресурсов с месячными расходами реки показывает, что при 50% обеспеченности лишь в течение трех месяцев расходы реки могут покрывать потребные ресурсы. В остальные 9 месяцев расходов реки недостаточно, электростанция будет испытывать дефицит воды, что хорошо видно на гидрографе реки (рис. 1) [1-2].

Для маловодного года (95 % обеспеченность) только два месяца может работать электростанция.

Для обеспечения водными ресурсами объекта необходимо регулирование стока реки путем устройства водохранилища.

Основные параметры водохранилища и сооружений гидроузла должны быть технически и экономически обоснованы. Водохозяйственные расчеты для установления оптимальных размеров водохранилища выполняют на основе сопоставления народнохозяйственного эффекта регулирования стока с капиталовложениями на строительство гидротехнических сооружений и сопутствующие мероприятия (дренаж, обвалование и т.п.), со стоимостью инженерной подготовки территории, возмещением ущерба от затопления и подтопления, переноса и строительства производственных объектов, жилых

домов, переселением населения и т.д. Наряду с удовлетворением специфических особенностей основного водопользователя должны быть рассмотрены и обоснованы возможности комплексного использования и охраны водных ресурсов, социологические и экологические аспекты регулирования стока, а также возможные изменения водохозяйственного режима и перспективное расширение функций водохранилища.

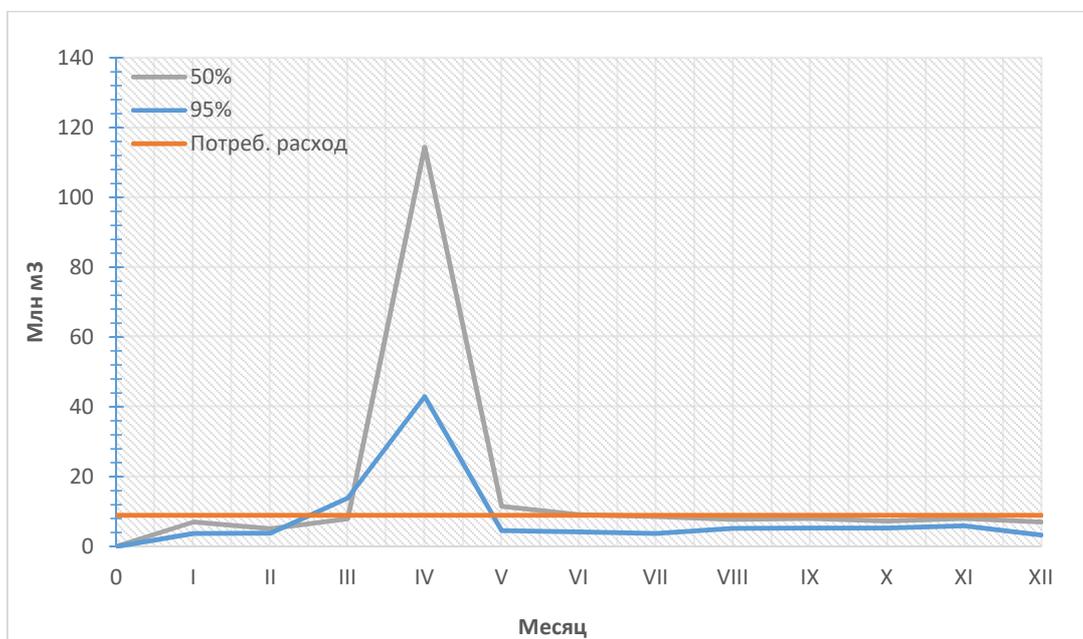


Рис. 1. Гидрограф реки в створах гидроузла

Параметры водохранилища (объема, отдачи) и режим его работы при любом виде регулирования стока определяют путем анализа естественного речного стока и сопоставления его с плановым потреблением (отдачей).

В существующей теории регулирования речного стока применяют две группы методов водохозяйственных расчетов: расчет по календарным гидрологическим рядам (в табличной форме или по интегральным кривым стока и водопотребления) и обобщенные методы на основе теории вероятности с использованием статистических параметров стока.

Расчеты регулирования стока по календарным рядам гидрометеорологических данных для любого вида регулирования могут быть выполнены в графической или табличной форме. Оба способа основаны на сопоставлении гидрографов притока и потребления за рассматриваемый период, которые разделяются на элементарные отрезки времени различной продолжительности в зависимости от вида регулирования стока и необходимой точности вычислений.

Последовательное сопоставление расчетного стока и плановой отдачи по гидрографам позволяет выделить периоды превышения естественного стока над отдачей (избыток стока) и периоды превышения отдачи над стоком (дефицитом стока), при этом потери воды не учитываются. В зависимости от величины, последовательности и соотношения избытков и дефицитов стока различают следующие режимы работы водохранилища: одноктный, двухтактный и многотактный. На приведенном гидрографе показано соотношение балансовых

разностей  $\pm(W_{p\%} - U)_i$  различных знаков: положительных при избытках стока и отрицательных при дефицитах стока за рассматриваемый период времени, в данном случае за водохозяйственный год, который начинается с самого многоводного (половодного или паводочного) сезона случай сезонного регулирования стока.

При наличии за расчетный период, например, за водохозяйственный год, одной группы избытков  $V_{изб}$  и одной группы дефицитов  $D_{деф}$  стока режим работы водохранилища однократный водохранилище наполняется и срабатывается по одному разу за рассматриваемый период времени. В этом случае, если объем избытков  $V_{изб}$  превышает объем дефицитов  $V_{деф}$ , необходимый полезный объем водохранилища равен объему дефицитов:

$$V_{плз} = D_{деф}$$

тогда полный объем водохранилища

$$V_{НПУ} = D_{деф} + V_{УМО}$$

Водоохранилище должно быть наполнено до отметки НПУ к моменту времени, соответствующему началу дефицита, а в конце дефицита полезный объем будет исчерпан и в водохранилище останется только мертвый объем  $V_{УМО}$ , не подлежащий сработке.

При расчетах регулирования стока различают прямую и обратную задачи. Определение полезного объема по заданной величине потребления, т.е. зарегулированного расхода, или отдачи, и режиму работы водохранилища в зависимости от заданных условий регулирования считают прямой задачей. При этом требования водопользователей на воду удовлетворяются полностью. Обратной задачей расчетов регулирования стока считают определение отдачи из водохранилища по его заданному объему и режиму работы. Как в прямой, так и обратной задачах обеспеченность отдачи принимается равной обеспеченности стока.

При решении прямой задачи применяют два варианта регулирования в соответствии с порядком наполнения водохранилища и сбросов излишков воды, определяемым правилами регулирования.

Первый вариант относится к случаю, когда водохранилище ежегодно наполняется до уровня НПУ и только после этого производится сброс излишков воды через водосбросные сооружения. По второму варианту излишки воды сбрасываются в начале периода регулирования при наименьшем возможном уровне УМО, а затем водохранилище наполняют до отметки НПУ, при этом объем сбросов определяют по данным службы прогнозов стока.

Графический прием расчета отличается иллюстративной наглядностью, позволяющей лучше понять сущность и проследить процесс регулирования стока. Этот способ применяют чаще всего для предварительных и вспомогательных расчетов [3].

Исходным материалом для построения интегральной кривой стока служит гидрограф стока расчетной обеспеченности (рис. 2).

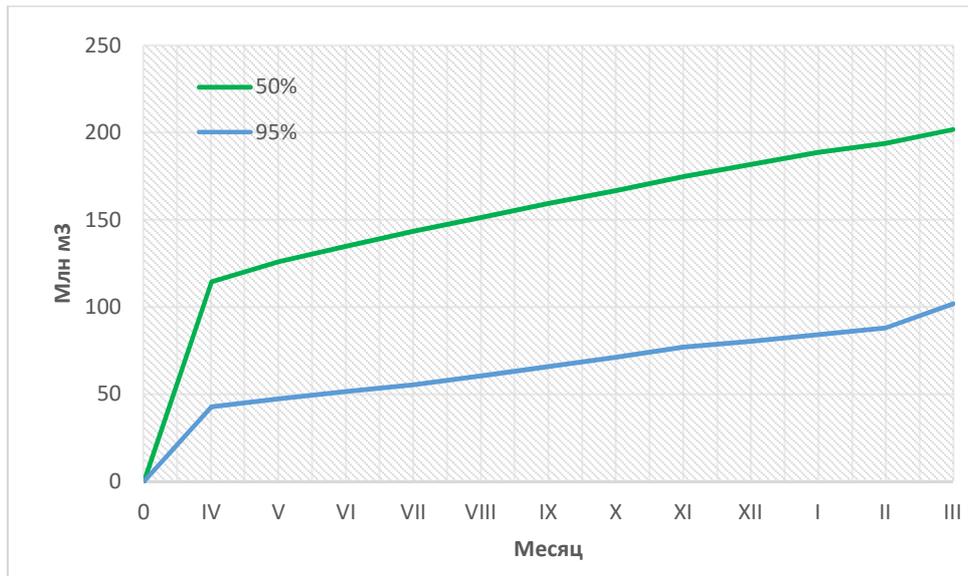


Рис. 2. Интегральная кривая стока

При водохозяйственном расчете водохранилища на одном графике совмещают две интегральные кривые: стока  $W_t$  и потребления (отдачи)  $U_t$  (рис. 3). Названные интегральные кривые используют, как правило, для расчетов полезного объема водохранилища без учета потерь.

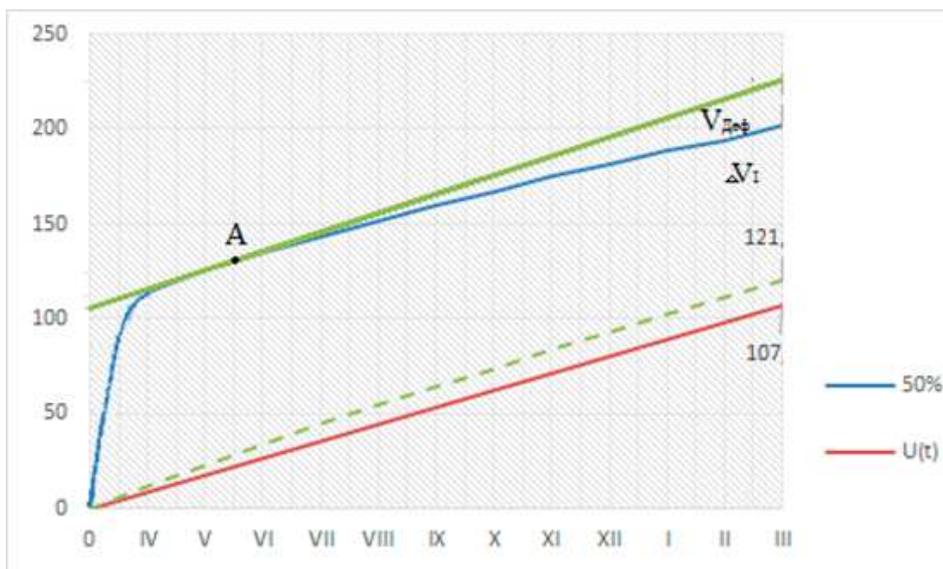


Рис. 3. Определение объемов водохранилища графическим методом

Начало построения интегральных кривых стока и отдачи совмещается с началом водохозяйственного года, т.е. началом половодья. Рассмотрение отдельных участков интегральной кривой стока в сопоставлении с интегральной кривой требуемой отдачи показывает, что в начальный период времени  $0 \dots Y$  наклон интегральной кривой стока к оси абсцисс для всех расчетных интервалов времени на отрезке  $0 \dots Y$  круче интегральной кривой отдачи, т.е. расходы притока больше расходов потребления. В итоге объем месячного стока превышает объем месячной отдачи и образуется избыток стока  $\Delta V_1$  (рис. 3). Это положение сохраняется до момента времени  $Y - Y_I$ , после чего на отрезке времени  $Y_I - III$  наклон интегральной кривой стока к оси абсцисс меньше наклона

интегральной кривой отдачи, т.е. расходы потребления больше расходов притока. В итоге объем месячного потребления превышает объем месячного стока и образуется дефицит стока  $V_{\text{деф}}$ . Наличие избытков и дефицитов стока в отдельные месяцы при общем превышении годового объема стока над объемом требуемой отдачи свидетельствует о необходимости и возможности регулирования стока при наличии водохранилища соответствующего объема [4].

Перемещая интегральную кривую отдачи снизу-вверх, находят точку касания кривых в точке А. Эта точка соответствует равенству расходов притока и отдачи и является концом периода дефицита стока.

Таким образом, слева от точки касания А находится область избыточного стока, а за нею – область дефицитов стока. Вертикальное расстояние между касательной и интегральной кривой равно суммарному дефициту за тот или иной интервал времени. Суммарный дефицит определяет полезный объем водохранилища (случай однократной работы водохранилища при одной группе избытков и одной группе дефицитов за год). Эту величину можно определять без учета потерь или с учетом потерь. Таким образом, в случае однократной работы водохранилища полученный объем дефицита равен вертикальному расстоянию между касательной к интегральной кривой, проведенной параллельно кривой (прямой) требуемой отдачи в любой месяц или в конце гидрологического года. Объем избытка определяется вертикальным расстоянием от кривой требуемой отдачи и интегральной кривой стока. Разность между этими величинами определяет объем сброса.

В разобранный примере избыток стока составляет 81 млн  $\text{м}^3$ , дефицит 24 млн  $\text{м}^3$ , объем допустимого сброса – 57 млн  $\text{м}^3$ .

Для периодов, отличающихся по водности от 50-ти процентной обеспеченности, значения будут другими. Особый интерес для водопользователей представляют периоды маловодные. С учетом гидрологических характеристик дефицит может быть равен избытку или даже превышать его в годы 75-95 % обеспеченности.

### **Список литературы**

1. *Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 ноября 2007 года N 314.*

2. *Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года). Приказ Минсельхоз России от 13 декабря 2016 года N 552.*

3. *Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей (с изменениями на 17 мая 2021 года). Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29 декабря 2020 года N 1118.*

4. *Распоряжение Правительства РФ от 14.02.2009 № 197-р «О перечне водохранилищ».*

## ОЦЕНКА ВОДНОГО БАЛАНСА ПРУДА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЩЕКИНСКОЙ ГРЭС

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

*Аннотация.* В статье дана оценка водного баланса пруда-охладителя Щекинской ГРЭС. Водоохранилище, имеющее большую площадь зеркала, используется как пруд-охладитель для охлаждения циркуляционной воды. Проведены расчеты водохозяйственного баланса.

Проектирование Щекинской ГРЭС было начато в 1946 году. Источником технического водоснабжения ГРЭС является река Упа. Бытовые расходы р. Упа не могут обеспечить прямоточную систему водоснабжения, они не могут обеспечить в маловодные периоды года даже пополнение убыли воды при оборотной системе. Поэтому на р. Упе сооружено водоохранилище с сезонным регулированием. Благодаря этому ГРЭС обеспечивается водой [1-2].

Водоохранилище, имеющее большую площадь зеркала, используется как пруд-охладитель для охлаждения циркуляционной воды.

Для расчетов водохозяйственного баланса используется (в единицах объема воды за расчетный интервал времени) формула:

$$B = W_{\text{вх}} + W_{\text{бок}} + W_{\text{пзв}} + W_{\text{вот}} \pm \Delta V - W_{\text{исп}} - W_{\text{дисп}} - W_{\text{ф}} - W_{\text{вдп}} - W_{\text{кп}}$$

где:  $W_{\text{вх}}$  – объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта, млн.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{бок}}$  – объем воды, формирующийся за расчетный период на расчетном водохозяйственном участке (боковая приточность);

$W_{\text{пзв}}$  – объем водозабора из подземных водных объектов, осуществляемый в порядке, установленном законодательством;

$W_{\text{вот}}$  – возвратные воды на водохозяйственном участке: подземные и поверхностные воды, стекающие с орошаемых территорий, сточные и (или) дренажные воды, отводимые в водные объекты. Фактически учитывается объем воды, попадающий на расчетный водохозяйственный участок со стороны действующей системы водоотведения, которая определяет суммарное количество всех видов сточных вод (в том числе коллекторно-дренажных), отводимых в водоемы, подземные горизонты и бессточные понижения, а также подаваемых на очистные сооружения;

$W_{\text{атм}}$  – объем атмосферных осадков, выпадающих на зеркало пруда;

$\pm \Delta V$  – сработка или наполнение прудов и водоохранилищ на расчетном водохозяйственном участке;

$W_{\text{исп}}$  – потери на испарение с акватории водоемов;

$W_{\text{дисп}}$  – потери на дополнительное испарение за счет сброса нагретой воды;

$W_{\text{ф}}$  – фильтрационные потери из водохранилищ, каналов, других поверхностных водных объектов в пределах расчетного водохозяйственного участка;

$W_{\text{вдп}}$  – суммарные требования всех водопользователей данного расчетного водохозяйственного участка;

$W_{\text{кп}}$  – требуемая величина стока в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка (транзитный сток или комплексный попуск, в котором суммированы санитарно-экологические и хозяйственные попуски);

$B$  – результирующая составляющая (избыток или дефицит водных ресурсов) водохозяйственного участка [3-4].

Результаты водохозяйственного баланса фиксируют величину дефицита водных ресурсов  $Def$ , резерв воды и проектный  $W_{\text{кп}}$  (транзитный) сток на следующий водохозяйственный участок.

При  $B \geq 0$  резерв водных ресурсов равен балансу  $W_{\text{рез}} = B$ , а дефицит  $Def = 0$ . При  $B < 0$  резерв водных ресурсов равен нулю  $W_{\text{рез}} = 0$ , а дефицит  $Def = -B$ .

Величина сработки или наполнения водохранилища за расчетный интервал времени ( $\pm \Delta V$ ) определяется в ходе расчета водохозяйственного баланса как поправка к располагаемым водным ресурсам, выравнивающая приходную и расходную части баланса. Площадь водосбора ЩГРЭС представлена на рисунке.



Площадь водосбора ЩГРЭС

Возвратные воды на водохозяйственном участке примем по данным ООО Щекинская ГРЭС составляют:

1. Вода, используемая при выработке электроэнергии: среднегодовая выработка 185801, МВт за последние 3 года:

– при работе 2 блока на нагрузку 100 МВт  $185801, / 200 = 929$  часов/год;

– + 20 % времени на проведение операций по пуску-останову оборудования  $929 * 1,2 = 1114$  час/год;

– при заборе на  $64000 \text{ м}^3/\text{час}$  –  $64000 * 1114 = 71,296$  млн  $\text{м}^3/\text{год}$ .

2. Вода, используемая при переходах по насосам Первомайской ТЭЦ: () в среднем по 3 перехода в месяц при работе 3-х циркуляционных насосов на береговой НС №3 с забором  $48000 \text{ м}^3/\text{час}$  –  $6,912$  млн  $\text{м}^3$  ( $3 * 12 * 4 * 48000 = 6912000 \text{ м}^3/\text{год}$ ).

3. Вода, используемая для забора на технологические нужды насосами технической воды, подача на всас которых берется с напорных циркуляционных водоводов береговой НС №3:

– 1 ЦЭН на 1 скорости производительностью  $12000 \text{ м}^3/\text{час}$  ежедневно, кроме того времени, когда идет выработка ЭЭ –  $91,752$  млн  $\text{м}^3$  ( $365 * 24 = 8760 - 1114 = 7646$  час;  $12000 * 7646 = 91752000 \text{ м}^3$ ).

Объем атмосферных осадков, выпадающих на зеркало пруда. Определяется как произведение слоя осадков, выпадающих за год на площадь зеркала пруда. По данным Тульского гидрометеоцентра для Щекинского района слой осадков оценивается величиной  $575 \text{ мм/год}$  ( $0,575 \text{ м/год}$ ). Площадь зеркала при НПУ  $5,86 \text{ км}^2$ , тогда объем выпадающих осадков составит  $3,37$  млн  $\text{м}^3/\text{год}$  ( $0,575 * 5860000 = 3369500 \text{ м}^3/\text{год}$ ).

Объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта  $W_{\text{вх}}$  и объем воды, формирующийся за расчетный период на расчетном водохозяйственном участке (боковая приточность)  $W_{\text{бок}}$ , объем атмосферных осадков, выпадающих на зеркало пруда  $W_{\text{атм}}$ , объем водозабора из подземных водных объектов  $W_{\text{пзв}}$  могут быть объединены в единый объем, т.к. питание рек Тульской области обеспечивается за счет формирования потока грунтовых и атмосферных вод –  $W_{\text{ист}}$ .  $W_{\text{ист}} = 202$  млн  $\text{м}^3$ .

Суммарные требования всех водопользователей данного расчетного водохозяйственного участка, забираемые из водохранилища и отводимые в водные объекты – оборотные воды –  $W_{\text{вдп}}$ , определяются потребностями предприятия на технологические нужды и организацию технологического процесса.  $W_{\text{вот}} = 8,93$  млн  $\text{м}^3/\text{мес}$  или  $107$  млн  $\text{м}^3/\text{год}$ . Фактически учитывается объем воды, попадающий на расчетный водохозяйственный участок со стороны действующей системы водоотведения.

### Список литературы

1. Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 ноября 2007 года N 314.

2. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года). Приказ Минсельхоз России от 13 декабря 2016 года N 552.

3. *Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей (с изменениями на 17 мая 2021 года). Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29 декабря 2020 года N 1118.*

4. *Распоряжение Правительства РФ от 14.02.2009 № 197-р «О перечне водохранилищ».*

## **МЕЛКОДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ PM<sub>2.5</sub>**

В.М. Панарин, К.В. Гришаков, О.В. Гришакова,  
А.А. Маслова, А.С. Корольков, А.В. Архипов  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

***Аннотация.** Статья посвящена обзору свойств и источников мелкодисперсных частиц PM<sub>2.5</sub>. Рассмотрены «первичные» и «вторичные», а также внутренние источники частиц PM<sub>2.5</sub>. Эти частицы опасны для здоровья людей и влияют на климат. Точный химический состав PM<sub>2.5</sub> практически невозможно предугадать из-за множества факторов.*

PM<sub>2.5</sub> относится к категории загрязняющих частиц размером 2,5 микрона или меньше. Среднее сечение человеческого волоса составляет 50 микрон. PM означает «твердые частицы». Многие организации здравоохранения классифицируют твердые частицы по размеру, потому что частицы разного размера имеют разные последствия для здоровья. Например, PM<sub>10</sub> (частицы размером менее 10 мкм) могут раздражать нос и глаза, но эти частицы не проникают глубоко в легкие, поэтому они не вызывают те же проблемы со здоровьем, чем PM<sub>2.5</sub>, хотя они действительно повышают уровень респираторных заболеваний [1-3].

Частицы размером 2,5 микрона или меньше считаются особенно опасными для здоровья человека, потому что они обходят многие защитные барьеры нашего организма. Волосы в носу, слизь и другие защитные механизмы работают, чтобы поймать эти мелкие частицы, прежде чем они войдут вглубь тела. Тем не менее, частицы PM<sub>2.5</sub> могут попасть в наши легкие, где они могут достичь альвеол и в конечном итоге попасть в кровоток.

Частицы PM<sub>2.5</sub> сложны, потому что они могут состоять из множества типов химических веществ и частиц, и они могут быть частично жидкими, а не твердыми, как обычная частица пыли. Твердые частицы загрязняющих веществ, которые полностью или частично состоят из капель жидкости, известны как аэрозоль. Природные виды аэрозолей включают пыль, морскую соль и вулканический пепел, тогда как искусственные источники включают заводские и автомобильные выбросы, сжигание угля и сжигание биомассы для очистки земли или сельского хозяйства [4].

### Источники PM<sub>2.5</sub>.

Загрязнители PM<sub>2.5</sub> могут поступать из различных источников, что делает его очень сложным типом загрязнения. Некоторые источники PM<sub>2.5</sub> испускают

частицы напрямую. Известные как «первичные источники», они включают лесные пожары, и некоторые электростанции, и промышленные процессы. Вторичные частицы РМ 2.5, однако, образуются, когда различные химические вещества объединяются в воздухе. Химические вещества из угольных электростанций или выхлопных газов автомобилей могут вступать в реакцию с водяным паром в атмосфере и солнечным светом с образованием новых частиц или соединений, и эти частицы могут быть размером менее 2,5 микрон. Из-за множества способов, которыми частицы образуются из химических соединений, а также количества переменных факторов, таких как регион, погода, климат и деятельность человека, может быть почти невозможно точно знать, какие химические вещества присутствуют в частицах РМ 2.5 в данный день [5].

Есть некоторые внутренние источники РМ 2.5, которые могут повлиять на здоровье человека, которые загрязняют помещение, даже если качество атмосферного воздуха на высоте. Распространенные источники внутри помещений включают дрова и угольные костры, кулинарные пары и даже свечи.

### Список литературы

1. Загороднов С.Ю. *Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека / С.Ю. Загороднов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018; 2 (30):124-33*

2. Манжилевская С.Е. *Влияние мелкодисперсной пыли на окружающую среду при локальном строительстве / С.Е. Манжилевская // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 6 (92). – С. 86-98.*

3. Кароль И.Л. *Климат будущего: взгляд из настоящего. Природа / И.Л. Кароль, А.А. Киселев. – 2011. – №1. – С. 3-9.*

4. Тимофеева Н.Н. *Регрессионный анализ метеоданных и ультрадисперсных частиц рт 2.5 / Н.Н. Тимофеева, Е.В. Васильев, О.Б. Еремеева // В сборнике: сборник научных трудов молодых ученых и специалистов. Сборник статей. В 2-х частях. – Чебоксары, 2021. – С. 367-370.*

5. Загороднов С.Ю. *Мелкодисперсные частицы (рм2,5 и рм10) в атмосферном воздухе крупного промышленного региона: проблемы мониторинга и нормирования в составе производственных выбросов / С.Ю. Загороднов, И.В. Май, А.А. Кокоулина // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 142-147.*

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ КАБЕЛЯ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

И.С. Усов, И.И. Нафиков  
Омский государственный технический университет,  
г. Омск

*Аннотация.* В статье рассмотрены перспективы использования кабеля из СПЭ, проблемы утилизации кабеля, экологические вопросы воздействия компонентов кабеля СПЭ на окружающую природу и человека.

Актуальность: Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) используется в различных отраслях промышленности: от гражданского и промышленного строительства, вплоть до военно-промышленных комплексов и нефтегазовых отраслей. Созданный с целью заменить кабели с бумажно-масляной пропиткой, кабель из СПЭ зарекомендовал себя рядом неоспоримых преимуществ, как на этапе производства, так и в эксплуатационных работах.

В настоящее время на российском рынке кабельно-проводниковой продукции наблюдается увеличение производства-потребления кабелей из СПЭ. Российское обозначение таких кабелей – СПЭ, английское – XLPE, немецкое – VPE, шведское – PEX [1,7].

Преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена перед кабелями с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ-кабелями):

в зависимости от условий прокладки пропускная способность в 1,2-1,3 раза больше, высокая термическая стойкость при токах короткого замыкания (КЗ), большой срок службы (по данным заводов-изготовителей более 50 лет), упрощённые условия монтажа, можно прокладывать при отрицательных температурах (до минус 20 °С) без предварительного подогрева, отсутствие в конструкции жидких компонентов уменьшает время и снижает стоимость монтажа, высоко экологичны, высокие диэлектрические свойства изоляции, большая пропускная способность за счёт допустимой температуры нагрева жил (длительной в 90 °С вместо 70 °С, при перегрузке 130 °С вместо 90 °С) [2,6].



Рис. 1. Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена

<http://electricalschool.info/main/kabel/1286-kabeli-s-izoljaciejj-iz-sshitogo.html>

## Недостатки использования кабеля

Несмотря на то, что кабель из СПЭ имеет ряд неоспоримых достоинств, его использование несёт негативное воздействие, как экологии, так и самому электромонтажнику.

Помимо резкого увеличения отходов кабельной продукции вследствие замены кабеля с бумажно-масляной пропиткой (БМП) на СПЭ, сам сшитый полиэтилен плохо поддаётся процессу плавления. Его сложнее переработать, чем остальные виды полиэтилена, что влечёт за собой большие затраты на утилизацию. Это увеличивает и без того внушительные объёмы выбросов вредных веществ в атмосферу и более качественного оборудования для его вторичной переработки. [9]

Также в кабеле есть вещества, которое могут вызывать аллергию – силаны. При кратковременном его взаимодействии с кожей, на ней появляются сыпь и волдыри. При долговременном взаимодействии последствия для человека намного более тяжёлые, вплоть до головной боли и микротрещин на коже.



Рис. 2. Результаты воздействия силанов на кожу человека, работающего в средствах индивидуальной защиты

Вещество может проникать через незащищённые СИЗами участки кожи. Гидролизует с образованием метанола, который может вызывать нарушение функции зрения (мелькание перед глазами, неясность видения)

Может спонтанно воспламениться при контакте с воздухом. Разлагается при разогреве или при сжигании с образованием кремния и водорода, вследствие чего возникает опасность пожара и взрыва.

В газообразном состоянии вещество может всасываться в организм при вдыхании, раздражает глаза, кожу и дыхательные пути. Быстрое испарение жидкости может вызвать обморожение.

Связи с вредным химическим воздействием кабеля на человека, при его монтаже необходимо использовать средства индивидуальной защиты кожи, глаз, дыхательных путей, а также спецодежду. Работу с продуктом осуществлять при наличии общей приточно-вытяжной и местной вентиляции и герметичности оборудования [3,4,8].

<https://www.safework.ru/content/cards/RUS0564.HTM>

## Список литературы

1. Миллер В.В. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и кабельная арматура к ним. Технология сшивки, производство и контроль качества поставляемой продукции. Реконструкция и строительство кабельных сетей в городских условиях. – XIX-е заседание Ассоциации электроснабжения городов России «ПРОГРЕССЭЛЕКТРО», тез. докл., Ханты-Мансийск, 2013.
2. Боев А. Сравнение кабелей с БПИ и СПЭ-изоляцией / А. Боев // Кабель-NEWS. – 2010. – № 11.
3. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
4. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
5. <http://pvkom.ru/UserFiles/File/katalog/cabelsil4.pdf>
6. <https://220.guru/electroprovodka/provoda-kabeli/iz-sshitogo-polietilena.html>
7. <http://electricalschool.info/main/kabel/1286-kabeli-s-izoljaciejj-iz-shitogo.html>
8. <https://www.safework.ru/content/cards/RUS0564.HTM>
9. <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=527>

## ПРОГНОЗНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

И.А. Приходько<sup>1</sup>, В.И. Степанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кубанский государственный аграрный университет,  
г. Краснодар

<sup>2</sup> Алтайский экономико-юридический институт,  
г. Барнаул

*Аннотация.* При решении задач оптимального управления работой водозабора основными вопросами являются вопросы гидрогеологического обоснования устройства водозаборов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В работе рассмотрены береговые водозаборы в речных долинах, водозаборы в межпластовых потоках, совмещение инфильтрационных водозаборов с открытыми водозаборами. Отмечено, что для водозаборов у рек ограниченной водности расчетный расход реки устанавливается в соответствии с заданной обеспеченностью, предусматривается разделение систем централизованного водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды, при двух пластовом строении потока откачки должны проводиться в каждом водоносном пласте отдельно.

При прогнозных расчетах производительности водозабора исходным является задание общего водоотбора с учетом водохозяйственных требований и ограничений, которые накладываются на условия расположения водозабора по хозяйственным соображениям.

В работе Шестакова В.М. [1] рассмотрено решение геофильтрационной задачи для типичного случая берегового водозабора в долине равнинной реки при одно пластовом строении потока небольшой мощности.

В случае реки большой ширины гидродинамическое несовершенство ложа реки учитывается сдвигом уреза берега реки на величину  $\Delta L$ , а для ряда скважин

используется метод сопротивлений, позволяющий заменить его эквивалентной траншеей. В такой постановке в потоке проводимости получено выражение для удельного расхода потока, притекающего к водозаборному ряду со стороны реки.

В такой же постановке рассматривается случай водозаборного ряда скважин вблизи узкой реки при наличии гидравлической связи реки с фильтрационным потоком. При существенном изменении проводимости потока в зависимости от понижения уровня воды в скважинах необходимо переходить к расчетным схемам, учитывающим связь проводимости с глубиной потока [2].

Для характерной ситуации, когда существенные изменения проводимости потока имеют место только вблизи водозаборных скважин, можно использовать расчетный прием, согласно которому моделирование проводится при заданной проводимости, а затем от полученных таким образом значений понижения напора в скважине осуществляется переход к действительным глубинам потока по зависимостям, соответствующим принятым расчетным схемам строения безнапорного потока в разрезе.

Используя полученные таким образом зависимости, можно видеть, что при глубине однородного безнапорного потока в скважине меньшей половины начальной глубины потока нарастание понижения уровня в скважине лишь в малой мере может увеличить водоотбор. Особенно существенно может сказаться влияние понижения уровня в водозаборных скважинах на проводимость пласта в безнапорном потоке, сложенном карбонатными породами, в которых верхняя зона водоносного пласта нередко имеет существенно повышенную проницаемость. Соответственно, при понижении уровня в скважинах ниже этой зоны резко меняется проводимость пласта, что существенно влияет на возможности водоотбора.

При двух пластовом строении потока водозаборный ряд скважин устраивается в нижнем водоносном пласте и на его работу значительное влияние оказывает перетекание через разделяющий пласт. Проведенный анализ работы водозаборов в таких условиях показал, что не учет влияния сопротивления разделяющего пласта приводит к значительным ошибкам гидродинамического прогнозирования, причем фактические положения напора в скважинах в 1,5-2 раза превышали расчетные [3].

На работу береговых водозаборов при периодически действующих водотоках и при затоплении поймы в паводок существенную роль может играть восполнение грунтовых вод в период паводка. В этом случае расчеты водоотбора следует проводить с учетом нестационарного режима фильтрационного потока в паводковый и меж паводковый периоды. При решении этой задачи особую сложность представляет установление объема восполнения емкости грунтовых вод, которая должна проводиться на основе специальных режимно-балансовых наблюдений.

Для водозаборов у рек ограниченной водности, когда водоотбор оказывается сопоставим с расходом реки, расчетный расход реки устанавливается в соответствии с заданной обеспеченностью. По СНиП 2.04.02-84 предусматривается разделение систем централизованного

водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды на три категории. I – для населения более 50 тыс. человек, II – для населения 5-50 тыс. человек, III – для населения менее 5 тыс. человек. Для береговых водозаборов применительно к каждой категории устанавливаются следующие градации обеспеченности средних месячных расходов реки: 95 %, 90 % и 85 % соответственно для категорий I, II и III. Обоснование этих величин обеспеченности дается довольно произвольно.

Как существенный путь развития инфильтрационных водозаборов рассматривается их совмещение с открытыми водозаборами. При таком решении водопотребление в период паводка, когда качество речной воды сравнительно низко, обеспечивается в основном за счет отбора подземных вод, а при низких уровнях реки, когда водоприток к скважинам уменьшается, требуемое водопотребление может достигаться одновременным отбором подземных и речных вод. При этом речные воды могут использоваться для подачи в инфильтрационные бассейны или непосредственно к потребителю, проходя в последнем случае необходимую водоподготовку [4].

Наблюдения за качеством воды р. Сосыка велись в 4-х створах. По всем створам отмечалось высокое содержание в воде растворенных примесей (сухой остаток) – от 4,4 до 5,2 ПДК. Характерные загрязняющие вещества были обнаружены и в фоновом створе.

При обосновании длительности опытной откачки у реки следует исходить из того, что корректное определение параметров сопротивления ложа водотока по данным такой откачки может проводиться только при достижении периода стабилизации понижения уровня воды в пьезометрах. При проведении опытной откачки диагностика наступления стационарного режима проводится по стабилизации уровней свободной поверхности потока. Из этого обстоятельства следует вывод об обязательном наличии наблюдательных скважин на свободной поверхности потока [5, 6].

Для установления связей (корреляционных) между уровнями воды в реке, а также в наблюдаемых скважинах необходимо выполнять мониторинг уровня в реке путем наблюдения за нестационарным режимом уровней грунтовых вод [7].

Особенно это положение существенно для потока двух пластового строения, где по данным режимных наблюдений при колебаниях уровня воды в реке может определяться коэффициент перетока разделяющего пласта [8, 9]. Также эффективным может быть использование данных опытно-фильтрационных наблюдений на разведываемых участках потока в карбонатных породах, где из-за их чрезвычайной неоднородности по результатам опытных откачек может быть дана только оценка проводимости потока, а определение параметров сопротивления ложа реки обычно оказывается нереальным [10, 11].

Особый подход к изучению взаимодействия грунтовых и поверхностных вод требуется в условиях, когда значительная часть разгрузки потока грунтовых вод происходит в пределах поймы. В этих условиях необходимо осуществление комплекса режимных наблюдений за уровнями потока грунтовых вод в зоне гидрологического режима и расходами разгрузки воды в водотоках, образующихся в речных долинах. Программа таких наблюдений должна быть специально обоснована с проведением разведочного моделирования, а

обработку опытных данных следует проводить путем геофильтрационного моделирования потока в области его разгрузки [12,13].

Особый характер имеет структура водообмена в глубоких межпластовых потоках подземных вод, представленных мощной толщей (порядка сотен метров) песчано-глинистых отложений, что характерно для некоторых артезианских бассейнов и конусов выноса [14]. В таких условиях существенную значимость приобретает сработка статических запасов подземных вод, режим снижения уровней и тогда для упрощения расчетов группы скважин удобно пользоваться способом, при котором группа скважин заменяется одной укрупненной скважиной.

### Список литературы

1. Шестаков В.М. Гидрология – научное направление и образовательная дисциплина / В.М. Шестаков / Вестник МГУ, сер. 4, геология, № 4, 1999.

2. Юрченко И.Ф. Приоритетные задачи прецизионного регулирования мелиоративного режима агро=экосистем / И.Ф. Юрченко // Аграрная наука. – 2019. – № 5. – С. 32-36.

3. Владимиров, С.А. Опыт планирования и реализации инновационного проекта эффективного рисоводства / С.А. Владимиров, И.А. Приходько // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 6. – С. 75-79.

4. Safronova T.I. Price characteristics of the project to construct the precipitation runoff system regulation / T.I. Safronova, O.G. Degtyareva, S.A. Vladimirov, I.A. Prikhodko // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Т. 9, № 6. – С. 1845-1852.

5. Efrosinin D. Performance analysis and optimal control for queueing system with a reserve unreliable server pool / D. Efrosinin, I. Gudkova, N. Stepanova // Communications in Computer and Information Science, 2019. – Т. 1109. – Р. 109-120.

6. Кузнецов Е.В. Способ подготовки почвы к посеву риса в паровом поле рисового севооборота / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди, И.А. Приходько // Патент на изобретение RU 2457650 C1, 10.08.2012. Заявка № 2010153809/13 от 27.12.2010.

7. Ефросинин Д.В. Исследование управляемой системы массового обслуживания с ненадежными неоднородными приборами / Д.В. Ефросинин, М.П. Фархадов, Н.В. Степанова // Автоматика и телемеханика. – 2018. – № 2/2018. – С. 80-105.

8. Чеботарев М.И. Способ мелиорации почвы рисовой оросительной системы к посеву риса / М.И. Чеботарев, И.А. Приходько // Патент на изобретение RU 2482663 C2, 27.05.2013. Заявка № 2011123829/13 от 10.06.2011.

11. Чеботарев М.И. Способ мелиорации почвы в паровом поле рисового севооборота к посеву риса / М.И. Чеботарев, И.А. Приходько // Патент на изобретение RU 2471339 C1, 10.01.2013. Заявка № 2011124233/13 от 15.06.2011.

9. Приходько И.А. Задача выбора рациональных технологических операций при возделывании риса / И.А. Приходько, М.А. Бандурин, В.И. Степанов // International Agricultural Journal. – 2021. – Т. 64, № 5.

10. Efrosinin D. Reliability analysis of an aging unit with a controllable repair facility activation [Text] / D. Efrosinin, M. Farkhadov, J. Sztrik, N. Stepanova // Springer proceedings in mathematics and statistics. – 2018. – Pp. 403-417.

11. Safronova T. Optimization problem in mathematical modeling of technological processes of economic activity on rice irrigation systems / T. Safronova, S. Vladimirov, I. Prikhodko, A. Sergeyev // В сборнике: E3S Web of Conferences. 8. Сер. «Innovative Technologies in Science and Education, ITSE 2020» – 2020. – С. 05014.

12. Vladimirov S.A. Justification of rice watering methods and crop cultures / S.A. Vladimirov, I.A. Prikhodko, A.Y. Verbitsky // Journal of Agriculture and Environment. – 2019. – № 1 (9). – С. 15.

13. Вербицкий А.Ю. Экологические аспекты использования биоразлагаемой мульчирующей пленки в сельском хозяйстве / А.Ю. Вербицкий, И.А. Приходько // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 74-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2018 год. Ответственный за выпуск А.Г. Коцаев. – 2019. – С. 177-180.

14. Вербицкий А.Ю. Оценка рационального использования водных ресурсов на примере реки Афипс / А.Ю. Вербицкий, И.А. Приходько, Н.Н. Мамась // В сборнике: Экология речных ландшафтов. Сборник статей по материалам IV Международной научной экологической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 12-18.

## **КОМБИНИРОВАННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФОРА**

Е.П. Столярова, А.А. Сазанова, И.А. Добросмыслова,  
Т.Г. Константинова, Л.И. Мухортова  
Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова,  
г. Чебоксары

*Аннотация.* В данной работе показаны эффективность очистки сточных вод путем внедрения в технологическую схему узла реагентного удаления фосфора, а также выбор наиболее оптимального коагулянта.

Очистка сточных вод на ГУП Чувашской Республики «БОС» Минстроя Чувашии осуществляется на двух параллельных потоках. Первый поток (ранее 1 очередь) был представлен смесью промышленных сточных вод (от ПАО «Химпром») и городских сточных вод. Второй поток (2 очередь) – это городские сточные воды, представленные смесью хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от других предприятий.

Промышленные сточные воды поступают по отдельному трубопроводу после обработки на локальных схемах очистки, смешения и нейтрализации.

Сооружения 1 очереди непрерывно эксплуатировались на протяжении 48 лет и из-за значительного физического износа были выведены из эксплуатации после строительства сооружений 3 очереди. В новом проекте были

учтены современные достижения науки и техники в области удаления биогенных элементов, а также использована рациональная технология обработки и утилизации осадков сточных вод.

Необходимость удаления биогенных элементов из сточных вод объясняется тем, что соединения азота и фосфора вызывают процесс эвтрофикации водоемов – цветение водорослей.

К настоящему времени разработан целый ряд технологических схем биологической очистки для совместного удаления азота и фосфора. Но такой процесс является весьма неустойчивым, зависящим от многих факторов, поэтому он не позволяет гарантировать стабильное очищение согласно нормативным показателям [1].

Химическая, сельскохозяйственная и пищевая промышленность являются основными источниками фосфора и его соединений. Фосфорсодержащие пестициды и удобрения также способствуют накоплению фосфора в сточных водах [2].

В данной работе показаны эффективность очистки сточных вод комбинированным методом. Это процесс, в котором после химической коагуляции, вода подвергается дополнительно процессу биологической очистки. Использование комбинированного метода весьма выгодно, поскольку происходит более полная и тщательная очистка воды.

Для выбора наиболее эффективного коагулянта для очистки сточных вод был испытан ряд веществ на основе полигидроксихлорида алюминия, которые отличались основностью и содержанием хлорид-ионов.

При дозировке коагулянта в сточные воды протекает физико-химический процесс упрочнения, слипания мелких частиц (коагуляция), вследствие чего коллоидные частицы раствора выпадают в хлопьеобразный осадок, который затем удаляют из очищаемых сточных вод [3].

Коагулянт вводился в камеру перед аэротенками после первичных отстойников в количестве 10 мг/л в расчете на  $Al_2O_3$ . Содержание фосфора до очистки составляло 6,18 мг/л (табл.1).

Результаты очистки сточных вод от фосфора

Коагулянт	Содержание фосфора после очистки, мг/л	Эффективность очистки, %
«АКВА-АУРАТ™30»	0,29	95,3
«АКВА-АУРАТ™18»	1,29	78,13
«АКВА-АУРАТ™105»	1,3	79
«АКВА-АУРАТ™170»	1,03	83,3
Сульфат алюминия	0,87	85,92
«АКВА-АУРАТ™30» + сульфат алюминия	0,29	95,3

Как видно из таблицы, наиболее эффективным коагулянтом является коагулянт «АКВА-АУРАТ™30, эффективность очистки составила 95,3 %.

Таким образом, на основании опытных данных был выбран эффективный коагулянт для комбинированной очистки сточных вод и точка его ввода. Полученные данные использованы в сооружениях 3 очереди по очистке сточных вод.

### Список литературы

1. Ружицкая О.А. Современные химические и физико-химические методы удаления фосфатов из сточных вод /О.А. Ружицкая, С. Мендеса //Системные технологии. – 2019. – №32. – С.22-27.

2. Добросмылова И.А. Некоторые аспекты влияния остаточных количеств гербицида глифосата в почве на культурные растения / И.А. Добросмылова, А.А. Сазанова, О.Е. Насакин // Экология и промышленность России. – 2020. – Т.24, №5. – С.24-27.

3. Настенко А.О. Современные коагулянты и флокулянты в очистке природных и сточных вод / А.О. Настенко, О.И. Зосуль // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-4. – С.531-537.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЯМОТОЧНОГО ЦИКЛОНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

В.С. Топталов, О.М. Флисюк, Н.А. Марцулевич  
Санкт-Петербургский государственный Технологический институт  
(Технический университет),  
г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* Для разделения пылегазовых систем в промышленности помимо обычных циклонов часто используются и прямоточные циклоны, несмотря на то, что по своим характеристикам в некоторых случаях они уступают циклонам других типов. Это, прежде всего, связано с компактностью этих аппаратов и значительно меньшей металлоемкостью. Такие циклоны применяют, как правило, для грубой очистки большого количества газов.

Многие производства и предприятия химической, металлургической и угольной промышленности оказывают негативное влияния на экологию из-за пылевых выбросов в атмосферу.

Для уменьшения пылевых выбросов применяются большое количество различных сепараторов, в числе которых и прямоточные циклоны. Однако прямоточные циклоны имеют ряд важных преимуществ. Например, такие как низкое гидравлическое сопротивление, небольшую металлоемкость, а также высокую пропускную способность по газу. На сегодняшний день известно большое количество различных конструкций прямоточных циклонов. Но до сих пор не удалось предложить конструкцию циклона, совмещающую в себе все их известные преимущества с высокими показателями эффективности очистки.

Помимо этого, на данный момент не предложено ни одной математической модели, позволяющей с большой точностью произвести оценку эффективности

прямоточного циклона при известных расходах газа, характеристиках пыли и параметрах аппарата.

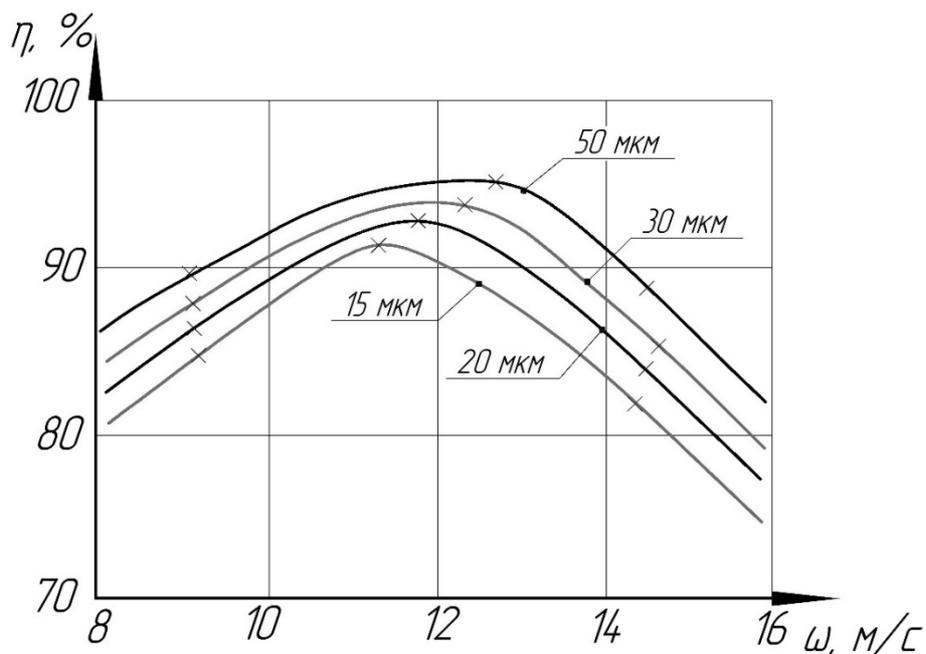
Нами была разработана и запатентована конструкция прямоточного циклона. Конструкция аппарата достаточно проста. Она включает в себя завихритель и патрубки для входа и выхода газа. Низкое гидравлическое сопротивление обеспечивается использованием завихрителя с профилированными лопатками, которые имеют нулевую кривизну на входе и выходе газового потока, что обеспечивает мягкий вход и выход газа из него.

Эффективность разработанного циклона проводилась на установке. К основным элементам установки можно отнести сам прямоточный циклон, шнековый дозатор, а также центробежный вентилятор.

Эксперименты проводились на кварцевой муке четырех дисперсных составов: 15, 20, 35 и 50 мкм. Расход газа менялся в пределах от 200 до 1300 м<sup>3</sup>/ч. Запыленность газа менялась от 60 до 100 г/м<sup>3</sup>. При проведении экспериментов кварцевая мука подавалась во входящий в циклон поток газа, который закручивался завихрителем. Отброшенные к стенкам частицы попадали в камеру для сбора пыли и взвешивались.

Циклон был изготовлен из прозрачного оргстекла для возможности визуального наблюдения за процессом пылеулавливания. В экспериментах участвовали завихрители с тремя различными углами закрутки лопастей: 30°, 45° и 60°.

В ходе работы была определена эффективность разработанного прямоточного циклона от скорости газового потока и угла закрутки лопастей завихрителя. Было установлено, что с увеличением угла закрутки лопастей завихрителя, эффективность циклона тоже увеличивалась.



Эффективность разработанного прямоточного циклона

Увеличение угла закрутки лопастей завихрителя помимо увеличения эффективности также приводит к росту гидравлического сопротивления. Хотя

циклон имеет низкий перепад давления, дальнейшее увеличение угла закрутки лопастей нецелесообразно.

В ходе экспериментов наблюдалось изменение скорости потока газа приводящие к максимальной эффективности. С увеличением размера частиц немного увеличивалась и максимально эффективная скорость потока. Помимо этого, для частиц размером 15 мкм циклон показал эффективность 92,5 %, что является очень хорошим показателем для прямоточных циклонов.

Математическая модель позволила определить влияние диаметра стабилизатора завихрителя на эффективность циклона. Показано, что с увеличением диаметра стабилизатора эффективность циклона будет уменьшаться, помимо этого такое изменение приведет к уменьшению максимально эффективной скорости потока, что отрицательно скажется на проведении технологического процесса. Уменьшение диаметра стабилизатора не привело к значительному увеличению эффективности.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 21-79-30029).*

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПЛОДООВОЩНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

А.Н. Андреева, Д.А. Новикова, Н.В. Ляшенко  
Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) им. М.И. Платова,  
г. Новочеркасск

***Аннотация.** Проблема сохранения водных ресурсов с каждым годом становится только острее. Для снижения антропогенного влияния предлагается схема очистки сточных вод плодоовощного предприятия с возможным внедрением оборотного водоснабжения, что позволит достичь не только положительный экологический, но и экономический эффекты.*

Предприятия пищевой промышленности в зависимости от специфики, технологического процесса, выпускаемой продукции и используемого исходного сырья имеют разные показатели по объёму образующихся стоков и их составу. В среднем количественный состав загрязнений в сточных водах следующий: взвешенные вещества – 1200-3000 мг/л, сухой остаток – 800-2000 мг/л, БПК<sub>5</sub> – 400-900, азот (аммонийный) – 10-20 мг/л, фосфор – 0,1-0,5 мг/л [1]. Производства, находящиеся за пределами города, зачастую не имеют возможности сбрасывать сточные воды в централизованную систему канализации, что приводит к необходимости очистки использованных водных ресурсов до показателей, разрешенных к сбросу в водный объект.

Сточные воды плодоовощных заводов отличаются высоким содержанием таких показателей, как БПК, ХПК, взвешенные вещества, СПАВ, аммонийный азот и общий фосфор, которые при сбросе в водоемы приводят к гибели биоты. Повышенное содержание азота и фосфора вызывают эвтрофикацию водоёмов. Под воздействием даже небольших количеств СПАВ в водоемах образуется

обильная и стойкая пена, резко ухудшаются органолептические свойства воды, а также снижается ее способность насыщаться кислородом [2].

Нами рассмотрен один из объектов по производству маринованных консервированных грибов со средним образованием 10 000 м<sup>3</sup>/сут загрязнённых сточных вод. Производственные сточные воды формируются при следующих технологических процессах: мойка, бланширование, консервирование грибов, варка маринада, подготовка и обработка стеклянной тары, обслуживание и мойка оборудования и т.д. Сточные воды содержат механические остатки и соки плодов и овощей, продукты их разложения, песок и частицы почвы, а также остатки моющих средств и антисептиков.

При сбросе сточных вод в водные объекты показатели качества природной воды в контрольном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям СанПиН 1.2.3685-21 в зависимости от вида водопользования. Так при сбросе стоков плодоовощных заводов в расчётном створе содержание загрязняющих веществ должно быть следующим: БПК<sub>5</sub> не должно превышать при температуре 20 град. С 2 мгО<sub>2</sub>/куб. дм, ХПК – не более 15 мгО<sub>2</sub>/куб. дм. На поверхности воды не должны обнаруживаться плёнки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей, а количество взвешенных веществ не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,25 мг/куб. дм.

Для достижения общих требований к составу и качеству сброса в водные объекты 1 и 2 категории водопользования нами предлагается следующая схема очистки сточных вод (рисунок). На первом этапе производится механическая очистка в виде работы механической решётки, тангенциальной песколовки и первичного отстойника, позволяющая производить очистку по взвешенным веществам с эффективностью 94 %, которая обуславливает снижение содержания БПК и ХПК на 68 %. Достичь требуемых значений по ХПК и БПК позволяет на биологическом этапе очистки использование аэротенков и вторичных отстойников с эффективностью очистки 98 %. Глубокая очистка в скором фильтре позволит снизить содержание в стоках взвешенных веществ на 90%, БПК и ХПК на 85%, азота и фосфора на 97 %. Для отделения, хранения и обработки осадка служат такие сооружения, как флотационный илоотделитель, шламонакопитель и центрифуга [3].



Схема очистки сточных вод плодовоовощного завода

Применение схемы позволяет очищать сточные воды плодоовощного производства до показателей, допустимых к сбросу в водоёмы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Для экономии средств предприятия возможно введение очищенных стоков в замкнутую систему переработки и очистки для их последующего повторного использования.

### Список литературы

1. Воронов Ю.В. *Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев, Е.В. Алексеев [и др.]; Ю.В. Воронов; под общ. ред. Ю. В. Воронова. – 5-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2009. – 760 с.*

2. *Влияние СПАВ на гидробиоценозы и качество поверхностных вод [Электронный ресурс] – URL: [https://studopedia.ru/10\\_173176\\_vliyanie-sprav-na-gidrobiotsenoz-i-kachestvo-poverhnostnih-vod.html](https://studopedia.ru/10_173176_vliyanie-sprav-na-gidrobiotsenoz-i-kachestvo-poverhnostnih-vod.html) (дата обращения 25.03.2022).*

3. Шаршунов В.А. *Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности: учебно-методическое пособие / В.А. Шаршунов. – Могилев: МГУП, 2020. – 172 с.*

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОПЛАТО ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ГРУНТА

М.А. Варданян

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,  
г. Москва

**Аннотация.** В настоящее время значительные площади земли загрязнены нефтепродуктами. Это места добычи, переработки, перекачки, загрузки и выгрузки нефтепродуктов.

Нефть и нефтепродукты проникают в почву, что приводит к нарушению экологической функции и потере плодородных соединений.

Влияние нефтепродуктов осуществляется в преобразовании всех комплексов почв: агрофизического, химического, морфологического, биологического. Таким образом, необходимо взаимодействие с формированием нефтепродуктов и поиском технических средств, обеспечивающих их высокую эффективность переработки, с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду и человеческое здоровье [7].

Важной экологической проблемой является очистка загрязненных нефтепродуктами грунтов с целью дальнейшего использования их по назначению.

Процесс естественного восстановления загрязненных нефтешламами грунтов длителен и ставит вопрос о создании современных и эффективных технологий очистки загрязненных грунтов. Главным требованием эффективности технологии очистки грунта, является скорость и качество разделения нефтешлама на фазы [1].

Целью настоящей работы является создание биологического метода очистки, а именно применение биоплато с использованием биологических микроорганизмов для очистки нефтезагрязненного грунта.

Биоплато представляет собой искусственно созданные очистные системы, предназначенные для очистки нефтезагрязненного грунта. Метод относится к

микробиологической очистке почв, загрязненных нефтепродуктами, и переработке нефтешлама и может быть использован, например, для очистки загрязненной нефтепродуктами почвы, и рекультивации земель [6]. Техническим эффектом является создание рационально используемой площадки для обезвреживания нефтезагрязненных земель и нефтешламов, простой в изготовлении и обслуживании, и позволяющей безвредно, для окружающей площадку среды, проводить быстрое и эффективное одновременное обезвреживание нефтезагрязненных земель и нефтешламов, разной степени загрязненности, за счет того что площадка выполнена в виде отдельных рабочих участков, с глинистой обваловкой по периметру каждого участка; очищаемый слой выполнен в виде смеси, содержащей структуратор, очищаемый грунт или нефтешлам, удобрения и биопрепарат-нефтедеструктор [6]. Перед использованием биопрепарата-нефтедеструктора микроорганизмы необходимо активировать, для этого используют биоактиватор.

Микробиологический способ основан на биодеградации углеводов нефти и нефтепродуктов, подвергающихся окислительной деструкции и минерализации под воздействием биопрепаратов, содержащих углеводородо-окисляющие микроорганизмы. Процесс деструкции нефтепродуктов протекает в период от нескольких дней или недель до нескольких месяцев в зависимости от степени загрязнения объекта, химического состава загрязнителя, климатических и физико-химических параметров среды [4].

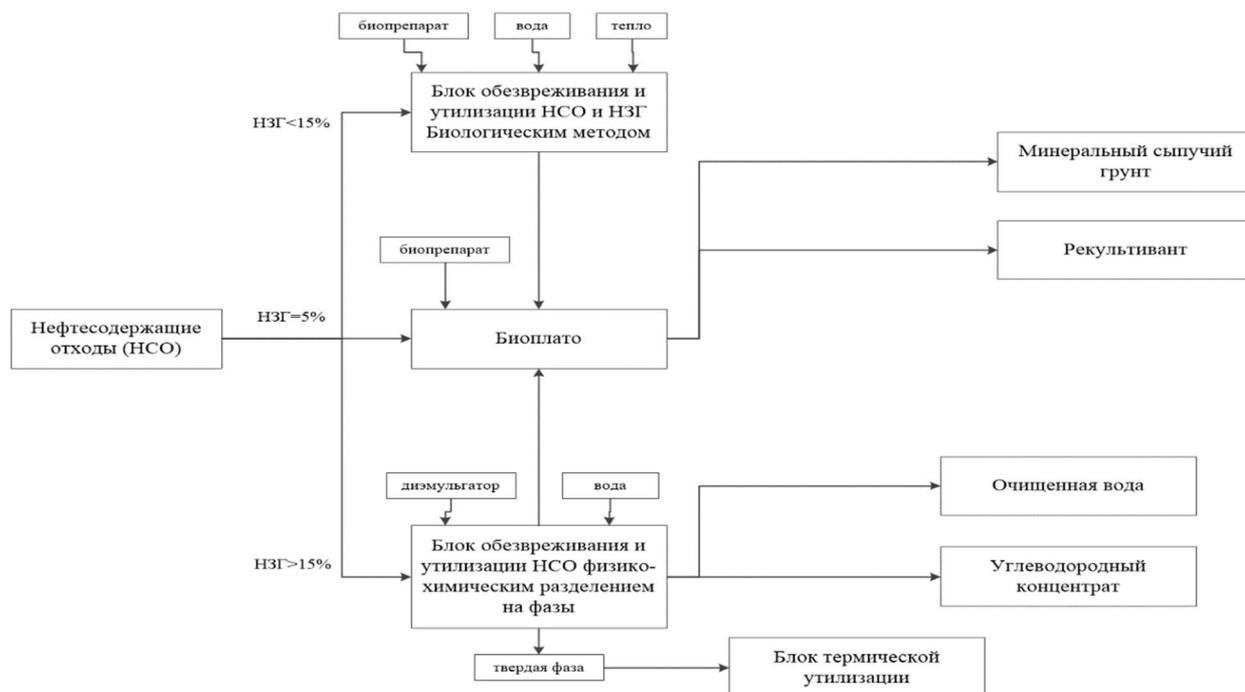
Конечным результатом процесса является постепенное исчезновение старых органических и образование новых минеральных соединений, включающихся в биологический оборот; процесс гумификации завершается консервацией органических веществ в новообразованных, устойчивых к разложению продуктах – гумусовых соединениях.

Конечными продуктами разложения нефтепродуктов являются углекислый газ и вода. Увеличивающаяся при этом биомасса микроорганизмов – основа биопрепаратов – при исчерпании загрязнителя отмирает и превращается в гумус [10].

Площадка биоремедиации, разбита на отдельные ячейки с помощью разрезных полос (полосы формируются экскаватором с использованием Питательного грунта марки «Н» или песка: начиная с края площадки на стрелу вылета экскаватора до формирования устойчивых оснований для проезда техники на разрезных полосах). Это сделано для того, чтобы можно было производить очистку нефтезагрязненного грунта разных концентраций.

В зависимости от концентраций нефтепродуктов в почве, биологический метод очистки в соответствии с работами можно представить в виде укрупненной блок-схемы с основными материальными потоками (рисунок).

Сущность применения Биоплато состоит в том, чтобы уменьшить эколого-экономические показатели. Это достигается тем, что нефтезагрязненный грунт не нужно будет везти на перерабатывающие станции, а можно очищать непосредственно на месте вблизи источника загрязнения. Тем самым уменьшается логистика на перевозки грунта до станций по очистке нефтезагрязнений.



Биологический метод очистки почвы в зависимости от концентрации нефтепродуктов в ней

При использовании площадки биоремедиации возможно рациональное применение энергии при утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ). При этом выделяется энергия и тепло, которые можно применять для поддержания работы биоактиватора и условий работы самой площадки биоремедиации.

Используемый метод при правильном применении позволяет обеспечить высокое качество детоксикации земель за вегетационный период. Применение комплексного биопрепарата, содержащего микроорганизмы рода *Pseudomonas*, *Bacillus*, активизированных к условиям детоксикации нефтезагрязненных земель позволяет очищать почву грунты от нефти до санитарной нормы и использовать впоследствии в дорожном строительстве, отсыпке площадок, обустройства обваловок.

### Список литературы

1. Андресон Р.К. Экологические последствия загрязнения нефтью / Р.К. Андресон, А.Х. Мукатанов, Т.Ф. Бойко // *Экология*. – 1980. – № 6. – С. 21-25.
2. Алиев С.А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С.А. Алиев, Д.А. Гаджиев // *Известия АН Азерб. ССР. Сер. биол. наук*. – 1977. – № 2. – С. 46-49.
3. Артемьева Т.И. Экологические последствия загрязнения почв нефтью: тез. докл. Бактериальный фильтр Земли. Пермь. – М.: 1985. – Т.1. – С.28-29.
4. Баландина Л.П. Оценка качества рекультивации нефтезагрязненных почв методом биотестирования / Л.П. Баландина, А.В. Шабанова // *Экология и промышленность России*. – 2007. – Ноябрь. – С. 46-47.
5. Баздырев Г.И. Воспроизводство фитосанитарного состояния почвы. В кн.: *Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне*. – М.: 1982. – С. 115-125.

6. Белонин М. Способ очистки почвы от нефти и нефтепродуктов / М.Д. Белонин, Е.А. Rogozina, Р.М. Свечина // Патент РФ № 2041172.-08.10.1995.

7. Берадзе С.А. Плодородие почв / С.А. Берадзе, Т.К. Думбадзе // сб. ст. Тбилиси, 1983. – С. 53-85.

8. Беспамятное Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г.П. Беспамятное, Ю.А. Кротов. – М.: 1985. – 528 с.

9. Кураков А.В. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях / А.В. Кураков [и др.]. – М.: Графикон, 2006. – 336с.

10. Биорекультивация: микробиологические технологии очистки нефтезагрязненных почв и техногенных отходов / О.Н. Логинов [и др.]. – М.: Наука, 2009. – 112с.

## **АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ И ПОДХОДОВ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Т.Е. Тусупов

Российский государственный университет нефти и газа  
имени И. М. Губкина,  
г. Москва

***Аннотация.** Целью работы являлось проведение анализа технологических направлений по ликвидации глубинных загрязнений на объектах нефтепереработки и нефтехимии с учетом возможностей создания оптимальных ресурсосберегающих направлений восстановления окружающей среды. В результате проведенных исследований выявлены принципиальные технологические решения и обоснованы подходы к проведению рекультивационных работ на объектах глубинного загрязнения нефтепродуктами.*

В настоящее время из всех видов загрязнений окружающей среды наиболее распространённым и экологически опасным является загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами. Основные причины загрязнений геологической среды являются аварии на нефтедобывающих предприятиях, аварийные и технологические выбросы.

Особое влияние на формирование техногенных залежей нефтепродуктов в почве оказывают скопление УВ в районе нефтехранилищ, а также на нефтеперерабатывающих заводах. Углеводородные линзы путем трансформации и миграции наносят экологический вред на геологическую среду, а также на подземные воды с формированием мигрирующего многокомпонентного загрязнения нефтехимическими отходами [1,2].

Подземные воды оказывают существенное влияние на состояние поверхностных вод и на объекты питьевого водоснабжения, поэтому ликвидация загрязнения подземных вод является важной задачей для экологии [3-5].

В данной публикации приводится описание существующих методов, нашедших применение при рекультивации объектов негативного воздействия на

окружающую среду, применительно к рассматриваемому объекту с учетом имеющихся технико-экономических и природоохранных ограничений.

Комплекс работ по локализации и ликвидации загрязнения сводится к:

– мероприятиям по минимизации/предотвращению воздействия загрязнения грунтов нефтепродуктами;

– технологическим решениям в отношении очистки подземных вод и удаления подземных нефтяных линз.

Сравнительный анализ инженерно-технических мероприятий по предотвращению (минимизации) воздействия подземных загрязнений УВ представлен в табличной форме (таблица) в ранжированном по применимости к условиям объекта порядке.

Сводная таблица сравнительного анализа существующих решений по очистке грунтовых и подземных вод, подземных линз нефтепродуктов

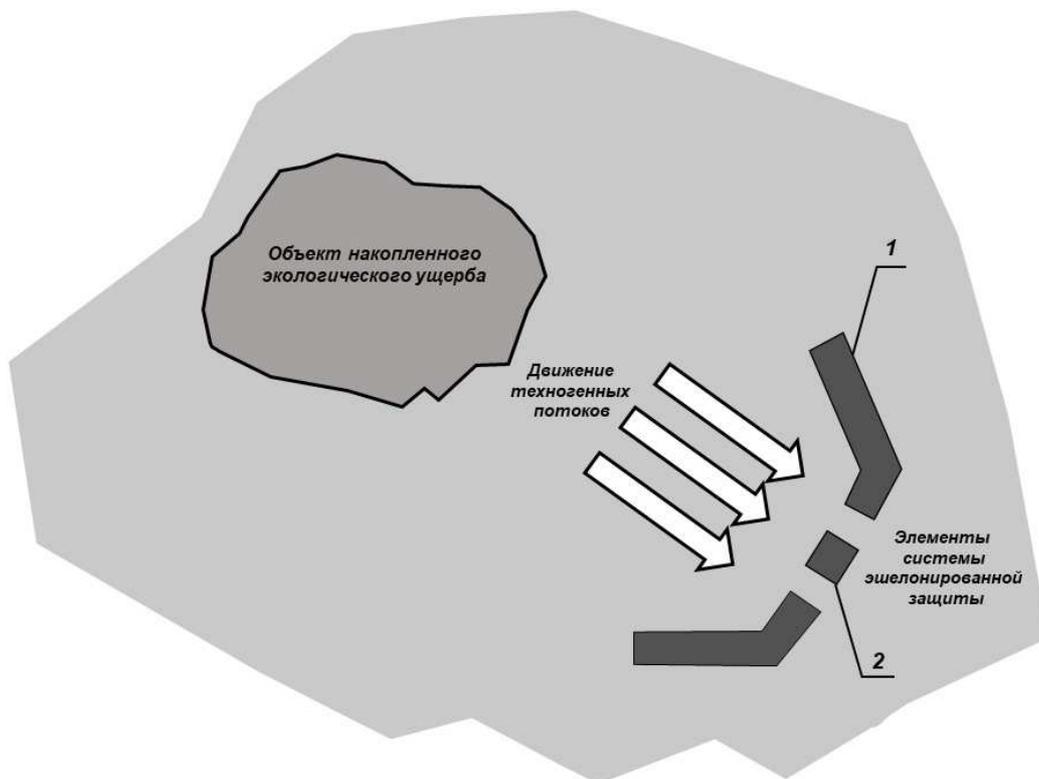
Наименование метода	Техническая сущность метода	Экологическая результативность	Рейтинг Применимости (в баллах)
Откачка и очистка подземных вод	Извлечение и очистка грунтовых вод перед их сбросом[4]	Метод экологичен и позволяет предотвратить поступление загрязняющих веществ в водный объект, а также может быть совмещен с технологией промывки грунтов	3
Техногенные геохимические барьеры	Закачка в горизонт грунтовых вод реагентов типа известкового молока; глинистые пропласты; в виде насыпного геологического слоя из алюмосиликатов: глауконитового песка и (или) бентонитовых глин [5,6]	Предусмотрена сорбция загрязнений - происходит резкое уменьшение интенсивности выноса загрязнения.	3
Проницаемые (активные) барьеры	Состав стены в грунте: Траншеи, обсадные колонны, заполненные закрепляющими и твердеющими растворами, которые при застывании обеспечивают заданную проницаемость.[2]	При правильном подборе активного реагента достигаются высокие показатели очистки	2
Непроницаемые барьеры	Состав стены в грунте: Траншеи, заполненные закрепляющими и твердеющими растворами; Обсадные колонны, смежных друг с другом; Сваи или шпунты[2]	Данный метод предназначен для локализации потока грунтовых вод и применим при их низком расходе	2
Скиммеринговая откачка	Извлекается не только растворимые, но и эмульгированные формы загрязнений за счет формирования депрессионной воронки скваженным насосом. Метод позволяет откачивать нефтяные пленки толщиной более 1 см	Метод осложнен контролем границей раздела фазы: нефтепродукт-вода и эффективность метода не превышает 50-60 %	1

*Примечание: 3 балла – соответствует техническим требованиям, обеспечивает очистку загрязняющих веществ.*

*2 балла – не всегда соответствует техническим требованиям, может обеспечить очистку загрязняющих веществ при создании соответствующих условий.*

*1 балл – не соответствует техническим требованиям, может обеспечить очистку загрязняющих веществ при создании соответствующих условий.*

По данным сводной таблицы сравнительного анализа существующих решений по очистке грунтовых и подземных вод, а также подземных линз нефтепродуктов была составлена модель реализации комплекса инженерно-технических мероприятий по предотвращению воздействия подземных загрязнений УВ (рисунок).



Пример реализации комплекса инженерно-технических мероприятий по предотвращению (минимизации) воздействия подземных загрязнений УВ:

1-непроницаемый направляющий барьер

2-барьер с активными фильтрующими наполнителями

Проблема загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами не может сравниться с другими за счет своих масштабов распространения, ввиду того что нефть и нефтепродукты на данный момент являются ключевым сырьем в ТЭК. Загрязнение нефтепродуктами различных масштабов обеспечивает появление экологических опасностей для объекта-загрязнителя, жизни и здоровья человека, различных компонентов окружающей природной среды.

Вне зависимости от выбора технологии очистки геологической среды важно обеспечить соответствующее качество поверхностного слоя почв для последующего их целевого использования.

### Список литературы

1. Бабенко В.Д. Некоторые вопросы идеологии комплекса мероприятий по защите и очистке подземной гидросферы от скопления жидких нефтепродуктов / В.Д. Бабенко, Ю.С. Солодовников, В.А. Петик [и др.] // *Вісн. УБЕНТЗ*. 1998. – № 7. – С. 21-22.

2. Бабенко В.Д. Опыт создания и эксплуатации систем инженерной защиты подземных вод от загрязнения жидкими нефтепродуктами на промплощадках действующих предприятий нефтехимического комплекса. Сб. «Захист довкілля від антропогенного навантаження» / В.Д. Бабенко, Ю.С. Солодников, Г.В. Карагодин [и др.]. – Харьков - Кременчур, 1999. – Вып. 1(3). – С. 95-100.

3. Мещеряков С.В. Инжиниринговая интерактивная система по обезвреживанию нефтесодержащих отходов, загрязненных природными радионуклидами / С.В. Мещеряков, С.В. Остах, О.С. Остах, Д.И. Рогожин // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 9. – С. 46-51. – DOI 10.24000/0409-2961-2017-9-46-51.

4. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений / В.А. Королев. – М.: МАИК Наука /Интерпериодика, 2001. – 365 с.

5. Остах С.В. Концепция создания эшелонированной системы защиты природно-антропогенных комплексов / С.В. Остах, О.С. Остах, Н.Ю. Ольховикова // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 54-59. – DOI 10.18412/1816-0395-2019-3-54-59.

6. Перельман А.И. Геохимические барьеры / А.И. Перельман // Природа. – 1995. – № 10. – С. 54.

## ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ОТ НЕОДНОРОДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ

А.А. Анисимова

Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)

имени И. М. Губкина,

г. Москва

*Аннотация.* Описаны проблемы и пути попадания экотоксикантов. Рассмотрены методы определения бенз(а)пирена и нефтяных углеводородов в почвах и грунтовых водах. Предложен подход к обезвреживанию комплексного загрязнения территорий.

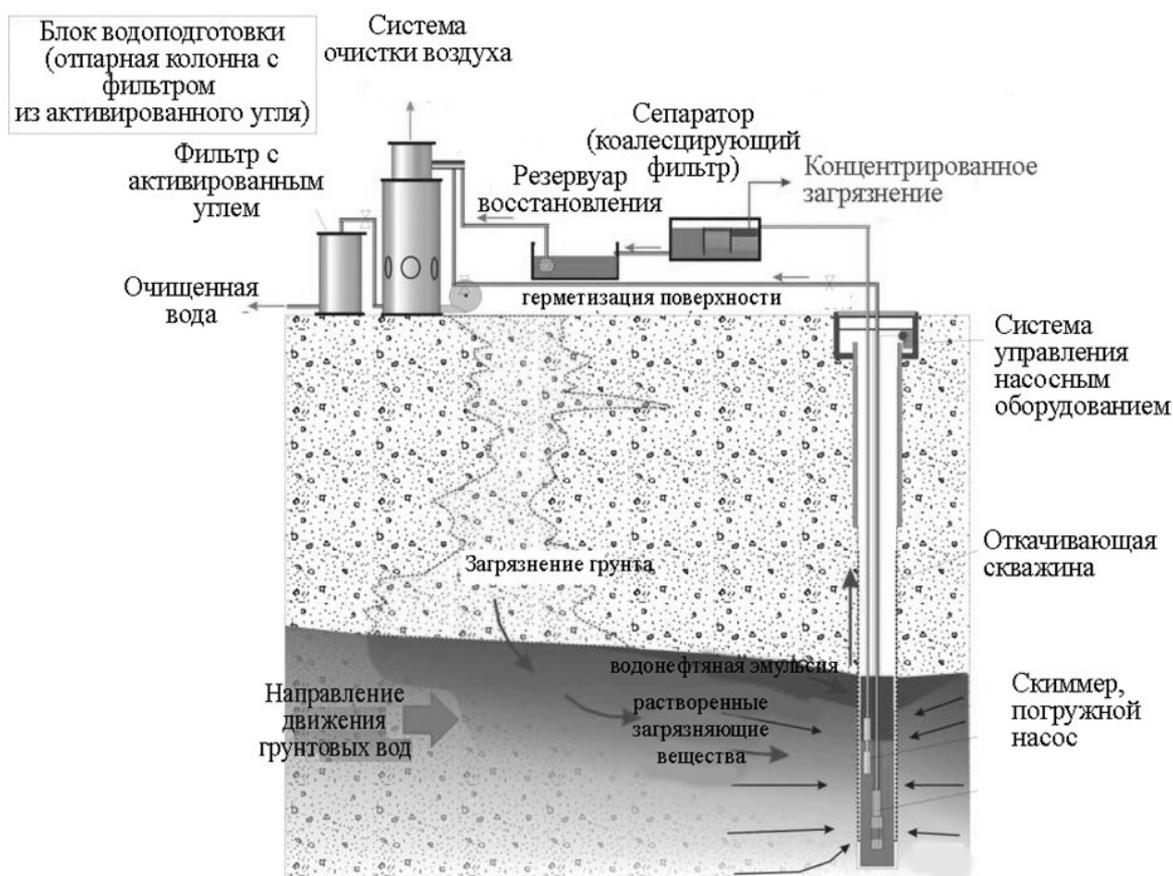
С каждым годом человечество все сильнее влияет на природу и чаще всего это влияние негативное. Вредные вещества, которые попадают в окружающую среду, по пищевым цепям попадают в различные живые организмы и оказываются в человеческом организме. Среди большого числа загрязняющих веществ – продуктов промышленного производства и автотранспорта особое место занимает группа супертосикантов, веществ, представляющих наибольшую опасность для здоровья человека. Как известно, неорганические экотоксиканты в почве представлены в основном тяжелыми металлами, органические – углеводородами нефтепродуктов, к которым относятся и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обладающие канцерогенным и мутагенным эффектом. Наиболее опасным из них по своим канцерогенным качествам является бенз(а)пирен [1].

Появление бенз(а)пирена в окружающей среде является главным образом следствием деятельности человека – результатом технического прогресса.

Среди антропогенных источников вышеперечисленных поллютантов выделяют стационарные (промышленные предприятия, ТЭЦ, крупные и мелкие отопительные системы), загрязняющие атмосферу в относительно ограниченных районах, и передвижные (транспорт), выбросы которых распространяются на значительно большие пространства [2].

Всвязи со сложностью определения бенз(а)пирена из-за того, что он образует многокомпонентные связи и плотно связан с матрицей, способы определения его в почве имеют большое значение. Его экстрагируют из почвы субкритической водой, омылением при температуре 250 °С, степень извлечения данными методами составляет около 74 %. Снижение температуры до 230 °С понижает выход продукта до 38 %, при повышении до 270 °С - до 50 %, так как при этом происходит частичное разложение 3,4-бензпирена [3].

Также обнаружение бенз(а)пирена и нефтяных углеводородов возможно через скиммеринговый метод откачки грунтовых вод (рисунок).



Принципиальная схема скиммеринговой откачки

Откачка подземных вод создает конус просадки; при этом легкий углеводород (плавающее на поверхности воды загрязнение) следует за гидравлическим градиентом (вытягивается) и движется под действием силы тяжести к нижней точке (точкам), где оно скапливается.

Затем легкий углеводород перекачивается с помощью скиммеров на поверхность в резервуары для последующего использования или

обезвреживания. Скиммеры расположены на уровне надосадочной жидкости и позволяют целенаправленно извлекать углеводороды, максимально избегая извлечения грунтовых вод. Наиболее часто применяемыми системами являются пневматические гидроэжекторы, скиммеры (или плавающие фильтры) [4,5].

Таким образом, в силу неоднородности и сочетания различных типов загрязнений представляются весьма актуальными разработка новой комплексной технологии очистки загрязненных тяжелыми металлами, нефтяными углеводородами и ПАУ.

Для перевода подвижных форм металлов в стабильные соединения необходима обработка гумино-минеральным комплексом и повышения уровня солевого рН до значений не менее 6,0 для максимального связывания катионов металлов с гуминовыми веществами торфа.

Обезвреживание полиароматических углеводородов с использованием микроорганизмов-нефтедеструкторов, таких штаммов как: *Arthrobacter sp.*, *Pseuomonas spp.*, *Pseudomonas putida* связано с их детоксикацией, при чем не только углеводородов, но и тяжелых металлов [7]. Однако может происходить токсификация. При этом нетоксичный или малотоксичный загрязнитель – становится более токсичными и обладающим канцерогенными или мутагенными свойствами. Так под действием ферментов, синтезируемых микроорганизмами, происходит атака кислородом двойных связей одного из бензольных колец бенз(а)пирена, образуются две гидроксильные группы и атом кислорода в виде мостика. В кислой среде происходит распад этого мостика, образуются три гидроксильные группы и положительно заряженный атом углерода. В такой частице имеются гидрофильная и гидрофобная части [6]. Такая молекула, фактически являясь ПАВ, легко проникает в клетку и блокирует наиболее активные (электронодонорные) участки ДНК, тем самым нарушая синтез белка и вызывая образование опухолей у животных. Таким образом, не сам бенз(а)пирен опасен как таковой, а продукты его биологического окисления, так как они легко проникают через клеточные мембраны и блокируют ДНК. Важно отметить, что промывка почвенного покрова подобными ПАВ позволяет снизить концентрацию бенз(а)пирена в почве и грунте на 90-95 %

Почти все углеводороды подвергаются биологическому разложению под действием микроорганизмов (биodeградации). Легче всего подвергаются биodeградации алканы нормального строения, затем изо-алканы и нафтенy, труднее подвергаются этому процессу ароматические углеводороды, особенно те, которые не имеют длинных боковых цепей. Однако, полициклические ароматические углеводороды, такие как бенз(а)пирен, пирен, легко подвергаются биodeградации. Это объясняется тем, что, кроме строительного материала для клетки, – углерода, эти углеводороды несут в себе повышенный запас энергии. Полиароматические углеводороды обладают избыточной энергией, которую микроорганизмы используют для синтеза клеточного вещества [8].

Препарат для биodeградации углеводородов может дополнительно содержать почвоструктуратор, в качестве которого могут быть использованы гуминовые вещества, состоящие из гуминовых кислот и/или их солей.

На заключительном этапе обработки для приведения ПДК загрязнителей к допустимым значениям необходимо внесение стабилизирующих добавок (торф, минеральные сорбенты, песок) с образованием стабильного, безопасного грунта.

### Список литературы

1. Горобцова О.Н. Роль почвенного покрова в аккумуляции и миграции полициклических ароматических углеводородов при техногенном загрязнении / О.Н. Горобцова, О.Г. Назаренко // Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Естественные науки. – 2005. – №1. – С. 73-79.
2. Яковлева Е.В. Биаккумуляция полициклических ароматических углеводородов в системе почва-растение / Е.В. Яковлева // Агрехимия, 2008. – С. 66-74.
3. Другов Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2007. – 424 с.
4. Кузнецов И.В. Скиммеры-нефтесборщики – современное эффективное оборудование для очистки сточных и оборотных вод / И.В. Кузнецов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – С.56-62.
5. Харыбина А.С. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и топлива в акватории залива Анива / А.С. Харыбина // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды. – 2021. – С. 442-445.
6. Пицаева К.В. Использование биоремедиационных гибридных препаратов на основе микроэлементов и клеточных катализаторов для рекультивации, устойчивого развития растительности и восстановления плодородия почв / К.В. Пицаева, А.В. Матасов // Китайско-российский конкурс инноваций и предпринимательства-2020, го-западный регион. – 2021. – С. 72-76.
7. Патент № 2763428 Российская Федерация, МПК В09С 1/10 (2006.01), С02F3/34 (2006.01), С12N 1/20 (2006.01). Препарат для биodeградации нефти и нефтепродуктов (Нефтедеструктор): № 2021115256: заявл. 27.05.2021: опубл. 29.12.2021 / Сарагин Б.В., Остах С.В., Батарагин В.М., Шурыгина Е.Г., Деньгаев А.В. – 10 с.
8. Zhu F., Storey S., Ashaari M. M., Clipson N., Doyle E. Benzo(a)pyrene degradation and microbial community responses in composted soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, no. 24 (6), pp. 5404-5414.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В ГЕОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

М.Е. Педяш

Российский государственный университет НИУ  
нефти и газа имени И.М. Губкина,  
г. Москва

*Аннотация.* Топливо-энергетический комплекс во всем мире является крупнейшим источником загрязнения окружающей среды. Одной из приоритетных задач экологии является утилизация крупнотоннажных отходов, к которым в первую очередь относятся отходы топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Оптимальным решением вторичного использования отходов ТЭК является их использование в производстве геокомпозитных материалов, что способствует снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Технологии получения геокомпозитных материалов в результате утилизации промышленных отходов позволяет не только сократить количество образующихся отходов, но и дает возможность получения продуктов различного назначения.

Утилизация промышленных отходов позволяет получать вторичную продукцию, а именно грунты, которые могут использоваться:

- для строительно-монтажных работ строительства (укрепления откосов внутрипромысловых дорог, в основаниях и покрытиях, для укрепления обочин дорог, обваловок кустов, отсыпки и т.п.);
- для рекультивации загрязненных земель [1].

Были проведены исследования на возможность получения геокомпозитных материалов из отходов топливно-энергетического комплекса.

К первой группе относятся грунты, детоксикация отходов в которых происходит за счет использования искусственного воспроизводства природных процессов минералообразования. Такой метод получил название «Интеграционная минерально-матричная технология переработки отходов» (ИММ-технология). Для реализации этих процессов используются специально трансформированные природные минеральные системы, такие как глины, глинистые грунты. Алюмосиликатная составляющая этих пород в результате гидролиза преобразуются в высокодисперсную минерально-матричную систему, обладающую высокой сорбционной емкостью. Полученная таким образом минеральная матрица согласно принципу Ле Шателье стремится вернуться в исходное состояние и, благодаря этому, претерпевает самопроизвольный процесс регенерации, в ходе которого происходит синтез алюмосиликатных вяжущих композиций. В их состав вовлекаются всевозможные (органические и неорганические) химически активные загрязнители (токсиканты), содержащиеся в промышленных отходах [2].

Ко второй группе методов относятся методы получения рекультивационных смесей с помощью смешивания отходов с различными рецептурами, в состав которых могут входить сорбенты, гумино-минеральные

комплексы, нейтрализующие добавки, торф и песок. Перечисленные добавки способствуют ускорению детоксикации земель и восстановления их плодородия.

В таблице представлена матрица, в которой отражена зависимость добавляемых компонентов от назначения геокомпозитного материала

Направления утилизации промышленных отходов для получения геокомпозитных материалов

	Грунт укрепленный техногенный	Геокомпозитный адаптивный материал	Изолирующий инертный материал	Растительный грунт
По назначению				
Для строительно-монтажных работ строительства	+	+	+	
Для рекультивации нарушенных земель			+	+
По добавкам				
Литифицирующие комплексообразователи	+	+		+
Алюмосиликатные сорбенты			+	+
Модификаторы (фосфогипс)			+	
Гумино-минеральные комплексы				+
Торф				+

*Грунт укрепленный техногенный (ГУТ) (ТУ 57454 -005-58330067-2013)* является продуктом экобетонирования токсичных отходов бурения, таких как буровой шлам, отработанные буровые растворы и буровые сточные воды. При реализации технологии используется химическая активность компонентов отходов и содержащихся в них токсичных веществ, которые участвуют в химических процессах формирования новообразований, обладающих вяжущими свойствами. Таким образом, формируется новая структура минеральной матрицы.

ГУТ является строительным материалом, может использоваться для устройства оснований, дополнительных слоев оснований и нижних слоев покрытий дорог. Также может использоваться как грунт обратной засыпки при планировочных работах, сооружении откосов и землянных валов вне зон застройки территории зданиями с постоянной проживающим населением. Возможно использование для устройства гидроизоляционных конструктивных слоев, а также геохимических барьеров, например, при рекультивации шламохранилищ, оборудовании и рекультивации полигонов для хранения отходов и т.п. [3].

Дальнейшие модификации ГУТ связаны с необходимостью адаптации материала к климатическим условиям региона, потенциалу ландшафта, состоянию экосистем, их устойчивости к возможному воздействию, способность к восстановлению и другие факторы.

*Растительный грунт* (ТУ 08.92.10.119-001-43032140-2020) – продукт утилизации и обезвреживания таких отходов как древесные пыль и опилки, пыль графитная и песок, зола и твердые остатки от сжигания. Важным компонентом в производстве Растительного грунта является гумино-минеральный комплекс, способствующий детоксикации нефтезагрязненных отходов, а также отходов, содержащих подвижные формы тяжелых металлов.

Полученная смесь является самостоятельной рекультивационной смесью, используемой при следующих видах работ:

- при восстановлении техногенно-нарушенных земель (в том числе, на биологическом этапе рекультивации);
- на этапе благоустройства техногенно-измененных территорий для укрепления откосов дорог и обвалований, а также противоэрозионных мероприятий.

Также Растительный грунт может применяться в комплексе с биологическими методами обезвреживания нефтесодержащих отходов производства и потребления [4].

Главным преимуществом Растительного грунта в качестве геокомпозитного материала является его адаптируемость к условиям окружающей среды, но для реализации этого свойства требуются реагенты, указанные выше.

*Изолирующий инертный материал (ИИМ)* представляет собой дисперсный несвязанный техногенно-перемещенный и измененный изначально природный минеральный грунт, по физическим и технологическим свойствам подобный обыкновенным песчаным грунтам.

Этот вторичный материальный ресурс производится в процессе утилизации и обезвреживания несоразмерных остатков в результате механического преобразования отходов путем смешения, связывания и придания изначально аморфной композиции сырья дисперсной структуры, а также разрушения устойчивой водоудерживающей системы и насыщения массива воздухом для создания нормального воздушно-водного обменного режима.

ИИМ как геокомпозит обладает свойством инертностью, что позволяет использовать его как компонент строительных смесей для выполнения земляных строительных работ, например, при заполнении мест временного накопления отходов, а также как компонент рекультивационных смесей при рекультивации мест временного накопления отходов, временных накопителей, временных производственных, вспомогательных площадок и дорог.

*Геокомпозитный адаптивный материал (ГАМ)* (СТО 38.22.19-003-42977967-2021-ТУ-2021) в отличие от геокомпозитов, перечисленных выше, обладает одновременно инертностью и адаптируемостью к окружающим условиям. Принимаемая технология литификации предполагает принцип иммобилизации загрязнителей, совмещенный с получением материала с проектными физико-механическими характеристиками.

При применении исследованных рецептур на модульном комплексе могут быть утилизированы следующие виды промышленных отходов при накоплении на полигонах:

- солесодержащие отходы (солевой концентрат);
- «сырой осадок», образуемый на стадии физико-химической очистки жидких отходов;
- мазутоподобные отходы, образующиеся на технологической ступени отбора жидких отходов из поверхностного слоя карт-накопителей;
- полимерные и древесные отходы;
- отходы технологического цикла утилизации отработанных шин.

ГАМ может быть смешан с крупноскелетными отходами от дробления железобетонных изделий. В него может быть также добавлены измельченные пластик и резина.

Благодаря обретенному в результате реализации технологии обезвреживания свойству инертности, ГАМ может быть использован в качестве строительного материала и для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений полигона, где происходит образование отходов-сырья технологии [5].

Описанные методы утилизации позволяют не только сократить количество образующихся отходов, но и использовать их ценные свойства для создания новых продуктов.

### Список литературы

1. Мещеряков С.В. Алгоритмический подход к процессам обращения с отходами бурения / С.В. Мещеряков, С.В. Остах, А.В. Сушкова, О.С. Остах // *Перспективы экологизации производств в нефтегазовой отрасли.* – 2017. – № 10. – С. 9-13.

2. Кнатько В.М. ИММ-технология против отходов (Искусственное воспроизводство природных процессов минералообразования – перспективное направление обезвреживания и утилизации промышленных отходов) / В.М. Кнатько // *Энергия: экономика, техника, экология.* – 2001. – №12. – С. 29-35.

3. *Технические условия ООО «Научно-технический центр «Технологии XXI века» ТУ 5745-005-58330067-2013. Грунт укрепленный техногенный (ГУТ) производимый с использованием буровых шламов, отработанных буровых растворов и буровых сточных вод.* Санкт-Петербург, 2013г. – 24 с.

4. *Технические условия ООО «СИТИЛЮКС» ТУ 08.92.10.119-001-43032140-2020. Растительный грунт.* Москва, 2020г. – 25 с.

5. *Стандарт организации ООО «ЭКОР-НП» СТО 38.22.19-003-42977967ТУ-2021. Технологический комплекс детоксикации отходов.* – М., 2021г. – 33 с.

# ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МОДИФИКАЦИЙ ДИОКСИДА МАРГАНЦА

Д.А. Новикова, О.М. Флисюк, Н.А. Марцулевич  
Санкт-Петербургский государственный Технологический институт  
(Технический университет),  
г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* Изучены характеристики различных кристаллических модификаций диоксида марганца и области их применения. Рассмотрен способ очистки газов от двуокиси серы и монооксида азота с помощью диоксида марганца.

Марганец и его соединения лежат в основе множества материалов, необходимых для современной промышленности. Одно из таких соединений – диоксид марганца – используется во многих технических отраслях из-за большого разнообразия свойств, связанных с различными типами структуры. Благодаря развитой пористой структуре этот материал может быть применен в качестве сорбента.

На данный момент исследовано несколько полиморфных форм диоксида марганца. Используемыми в промышленности являются  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -, R-  $MnO_2$  формы. Все микроструктуры имеют различное строение (рис.1-4), однако в основе каждой структуры лежит октаэдр, в котором находятся шесть кислородных ионов, скоординированных вокруг атома марганца и соединённых вершинами и рёбрами в ленты. Способ получения полиморфной модификации, как правило, определяет ее фазовый состав.

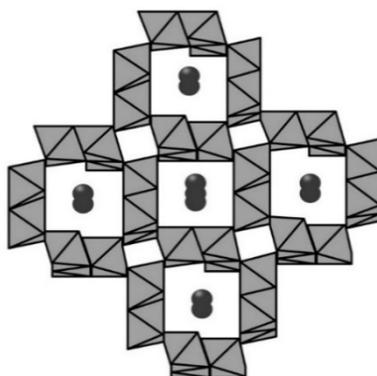


Рис. 1. Каналы в структуре  $MnO_2$   $\alpha$ -модификации [1]

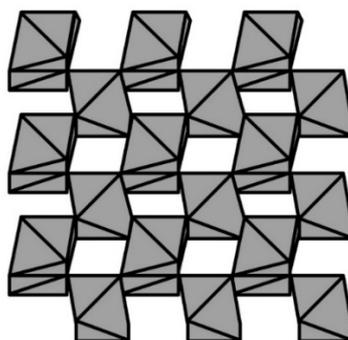


Рис. 2. Каналы в структуре  $MnO_2$   $\beta$ -модификации [1]

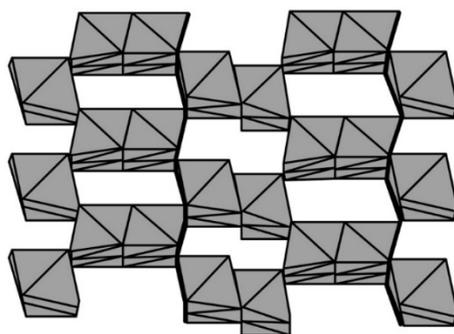


Рис. 3. Каналы в структуре  $\text{MnO}_2$  R –модификации [1]

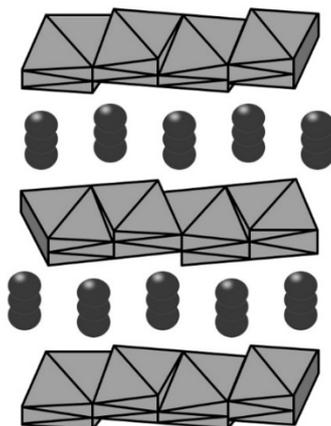


Рис. 4. Кристаллическая структура  $\text{MnO}_2$   $\delta$ -модификации [1]

$\beta$ - $\text{MnO}_2$  – пиролюзит – наиболее распространенная в природе модификация. Применяется, как и  $\alpha$ - $\text{MnO}_2$ , в производстве аккумуляторов, суперконденсаторов и других устройств. R-модификация обладает большей каталитической и окислительной активностью по сравнению с пиролюзитом.  $\gamma$ -модификация находит свое применение в основном в качестве катодного материала в батареях с сухими элементами.  $\delta$ - $\text{MnO}_2$  – бирнессит – материал со слоистой структурой, данная модификация используется как сорбент для радионуклидов и тяжёлых металлов, в процессах каталитического окисления различного вида органических и неорганических загрязнителей [2].

Таким образом, все изученные микроструктуры диоксида марганца могут быть использованы для решения ряда технических и технологических задач.

Одной из перспективных отраслей применения является использование диоксида марганца как сорбента при поглощении вредных газов  $\text{NO}$  и  $\text{SO}_2$ . Экспериментально было показано [3, 4], что процессы целесообразно проводить в условиях барботажа газовой смеси через слой суспензии с частицами диоксида марганца. Поглощение двуокиси серы протекает согласно реакции:



а сорбция оксида азота – по реакции:



Для второй реакции обязательна кислая среда, так как монооксид азота  $\text{NO}$  практически не растворим в воде и не поглощается водной суспензией диоксида марганца при нейтральной среде. В ходе экспериментов показано, что суспензия

мелких частиц (порядка 1 мкм) диоксида марганца позволяет извлечь до 95 % диоксида серы SO<sub>2</sub> и до 86 % монооксида азота NO из соответствующих газовых смесей. При этом сорбенты из оксида марганца (IV) просты в регенерации и относительно недороги.

Одним из важных факторов промышленного применения MnO<sub>2</sub> является возможность регенерации отработанного диоксида марганца. В работе [4] описано применение MnO<sub>2</sub> для поглощения монооксида азота NO и дальнейшая переработка образовавшегося марганцевого продукта до диоксида марганца, с целью возвращения последнего обратно в процесс сорбции. Также перспективными направлениями являются исследования в поисках разработки конкурентоспособных технологий переработки бедных марганцевых руд и регенерации и переработки отработанных катализаторов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 21-79-30029).*

### Список литературы

1. Robinson D.M., Go Y.B., Mui M., Gardner G., Zhang Z., Mastrogiovanni D., Garfunkel E., Li J., Greenblatt M., Dismukes G.C. Photochemical Water Oxidation by Crystalline Polymorphs of Manganese Oxides: Structural Requirements for Catalysis // *Journal of the American Chemical Society*. – 2013. – V. 35 (9). – P. 3494-3501. <https://doi.org/10.1021/ja310286h>

2. Julien C.M., Mauger A. Nanostructured MnO<sub>2</sub> as Electrode Materials for Energy Storage // *Nanomaterials*. – 2017. – V. 7(11). <https://doi.org/10.3390/nano7110396>

3. Новикова Д.А., Борисова Е.И., Константинов В.А. Исследование возможности поглощения оксида серы (IV) железомарганцевыми конкрециями // Тезисы докл. IX научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках мероприятий, посвящённых 150-летию открытия Периодического закона химических элементов Д.И. Менделеевым «НЕДЕЛЯ НАУКИ-2019» (с международным участием). – Санкт-Петербург, 2019. – С. 228.

4. Новикова Д.А. Сорбция окислов азота из отходящих нитрозных газов с применением различных реагентов (Обзор) / Д.А. Новикова, О.М. Флисюк, Н.А. Марцулевич, А.В. Гарабаджю // *Журнал общей химии*. – 2021. – Т.91, № 7. – С. 1387-1392. <https://doi.org/10.1134/S1070363221070173> [Novikova D.A., Flisyuk O.M., Martsulevich N.A., Garabadzhiu A.V. Sorption of Nitric Oxides from Exhaust Nitrous Gases Using Different Reagents (A Review) // *Russ. J. Gen. Chem.* – 2021. – V. 91, № 7. – P. 1387-1392. <https://doi.org/10.1134/S1070363221070173>]

# АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ БУРЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.В. Остах, Е.В. Бутенко

Российский государственный университет нефти и газа  
(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина,  
г. Москва

*Аннотация.* В статье рассмотрены возможные варианты технологических и организационных процессов в системе управления отходами бурения арктического шельфа с учетом возможных рисков, обусловленных климатическими и географическими особенностями проводимых работ. Проведенный риск-анализ демонстрирует необходимость индивидуального и комплексного подхода к разработке систем управления отходами.

Развитие Арктической зоны Российской Федерации (далее – АЗРФ) является задачей стратегической важности как для экономического развития страны, так и обеспечения национальной безопасности. Согласно комплексной программе социально-экономического развития Арктической зоны [1], утвержденной по указу Президента РФ в апреле 2021 года на основе Стратегии развития Арктической зоны до 2035 года [2], планируется стимулирование инвестиционных проектов на территории АЗРФ по приоритетным направлениям.

Одним из основных направлений программы является освоение ресурсной базы Арктической зоны: разработка новых нефтегазовых провинций и месторождений твердых полезных ископаемых. На долю Арктической зоны приходится 76,3 % запасов горючего природного газа и 20,8 % нефти РФ [3]. Значительная часть нефтегазовых запасов АЗРФ (до 41 %) находится на шельфе Арктической зоны.

## *Процессы обращения с отходами бурения Арктического шельфа*

Разведка и освоение новых месторождений сопровождается процессами бурения, во время которых происходит образование производственных отходов. К отходам бурения относят буровой шлам, отработанные буровые технологические жидкости (промывочные, буферные, перфорационные) и буровые сточные воды. Существует ряд подходов к разработке систем управления буровыми отходами для их экологически безопасной и эффективной утилизации [4,5,6], однако работы, проводимые на арктическом шельфе сопряжены с большими рисками и требуют особого подхода.

Первой ступенью обращения с буровыми отходами неизменно является первичная система очистки. Система служит для отделения отработанных технологических жидкостей от твердых буровых шламов. Стандартный вариант системы включает в себя вибрационные сита, пескоотделители, дегазаторы.

После отделения в системе первичной очистки промывочная жидкость поступающая в циркуляционную систему чистки бурового раствора. Буровой шлам

направляется на дальнейшую обработку на платформе/берегу либо закачивается в пласт [7].

### *Риск-анализ*

Система управления буровыми отходами в Арктическом регионе должна быть разработана с учетом количества и состава образующихся отходов бурения, географического местоположения морской платформы, климатических, экологических и экономических факторов.

Так, при разработке программы бурения скважин объем буровых шламов принимается на 20 % больше, чем объем выбуренной породы, равный объему ствола скважины. Однако для морского бурения необходимо производить более точный расчет количества образующихся отходов на разных интервалах бурения [8], так как это позволит наиболее эффективно спланировать дальнейший этап обращения с отходами.

Географические, климатические, экологические и экономические факторы, в свою очередь, являются факторами риска, которые необходимо проанализировать при выборе организационных и технологических решений обращения с отходами. Примеры факторов представлены в блок-схеме на рисунке 1.

Климатические и экологические факторы существенно влияют на риски в силу неблагоприятного климата в Арктической зоне РФ. Большие колебания температуры в течение короткого периода времени, внезапное увеличение скорости ветра и изменение его направления, трудности с точным прогнозированием погоды могут оказывать влияние на работу оборудования и на логистику. Такие климатические условия могут повлечь аварии и возникновение экологического ущерба [9].

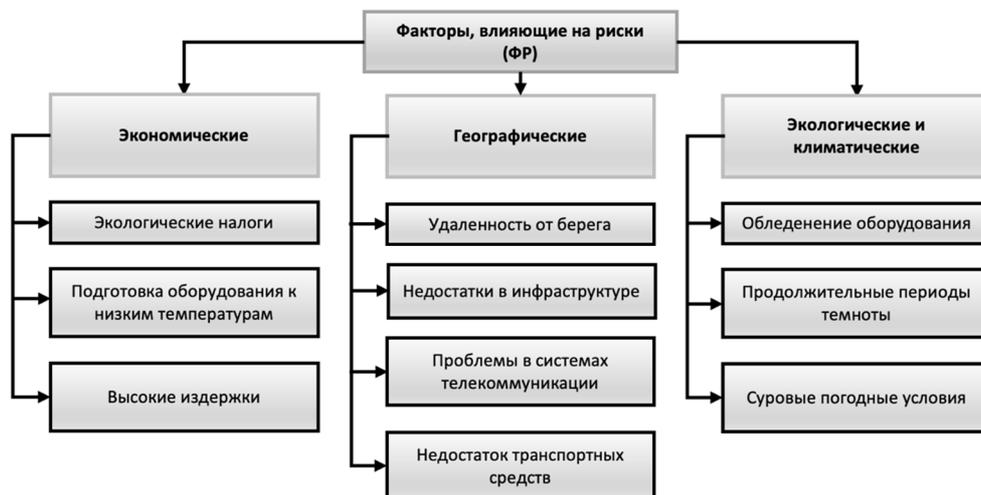


Рис. 1. Блок-схема возможных факторов, влияющих на риски

К географическим факторам, влияющим на риски, можно отнести недостатки в портовой инфраструктуре Российского арктического региона, проблемы в системах телекоммуникации, недостаток судов. Все это значительно влияет на логистические решения при транспортировке отходов на берег, запасных частей для систем обращения с отходами на платформе, прибытие аварийно-спасательных судов [10].

Экономические факторы тесно связаны с географическими, климатическими и экологическими, так как необходимо учитывать издержки, которые возникают в результате отказа оборудования по климатическим причинам, задержки судна, отдаленности перерабатывающих технологических комплексов от портовой инфраструктуры [11].

После идентификации основных факторов, влияющих на риски, необходимо провести качественный и количественный анализ методов обращения с отходами относительно данных факторов согласно блок-схеме на рисунке 2.

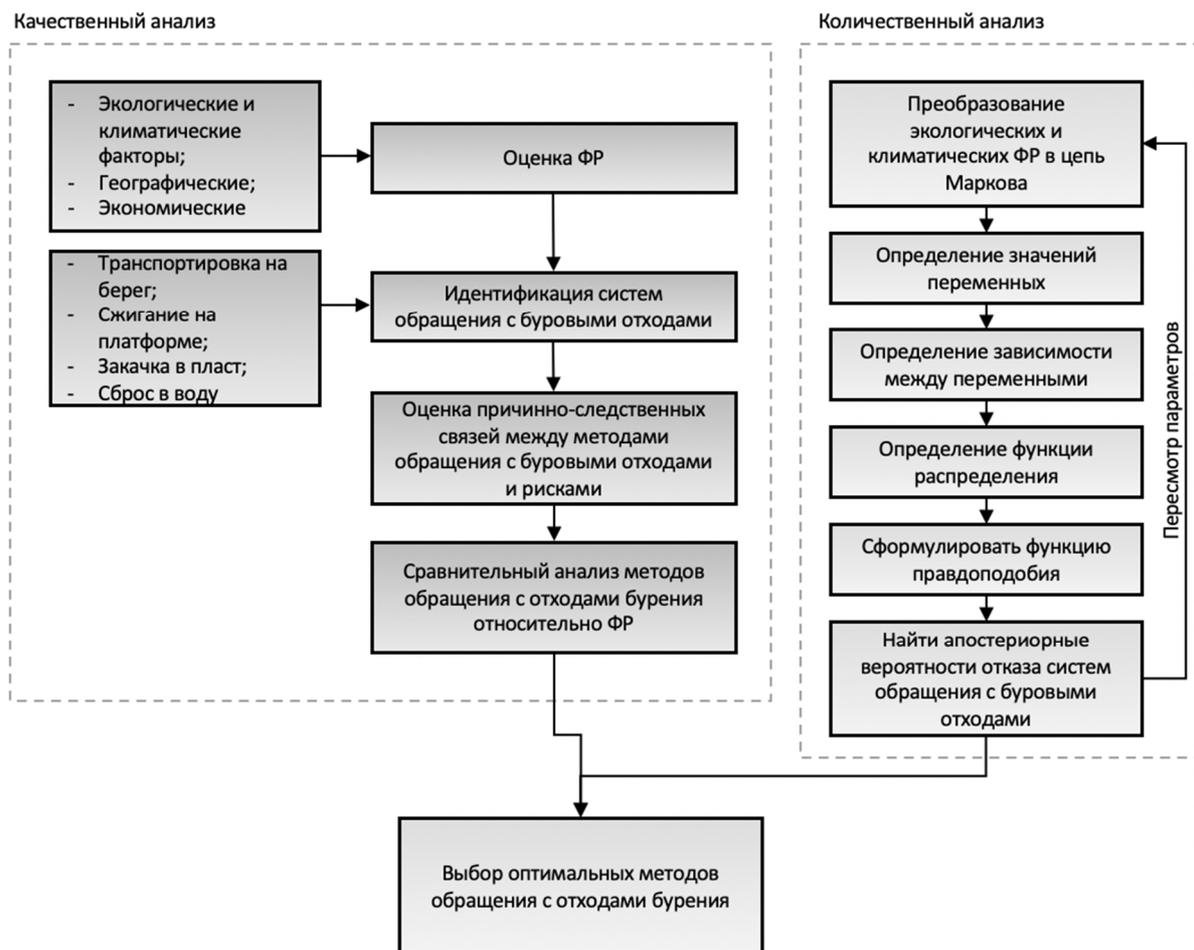


Рис. 2. Качественный и количественный анализ методов обращения с отходами бурения относительно факторов риска

Индивидуальный комплексный подход к разработке системы управления отходами бурения шельфа арктического региона РФ на основе анализа рисков необходим для учета региональных и технологических особенностей бурения.

### Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 21.04.2014 N 366 (ред. от 31.03.2020) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

2. Указ Президента Российской Федерации на 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».

3. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической зоны РФ на 15.03.2021 [Http: https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/45bb8bcc7b844220954744c0149a86f4.pdf](http://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/45bb8bcc7b844220954744c0149a86f4.pdf).

4. Мецераков С.В. Алгоритмический подход к процессам обращения с отходами бурения / С.В. Мецераков, С.В. Остах, А.В. Сушкова, О.С. Остах // Экология и промышленность России, 2017. – Т. 21, № 10. – С. 9-13.

5. Федеральный закон от 24.06.1998 No 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016) «Об отходах производства и потребления».

6. Федеральный закон от 10.01.2002 No 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об охране окружающей среды».

7. Ahammad Sharif, Srigoori Reddy S, Vasanth G and Uma Sankar K. Drilling Waste Management and Control the Effects / Journal of Advanced Chemical Engineering, 2017. – Vol. 7.

8. РД 39-3-819-91 Методические указания по определению объемов отработанных буровых растворов и шламов при строительстве скважин.

9. Markeset T. Design for high performance assurance for offshore production facilities in remote harsh and sensitive environments / OPSEARCH, 2008. – Vol. 45, №. 3. – Pp. 275-290.

10. Svensen T. and Taugbol K. Drilling Waste Handling in Challenging Offshore Operations / SPE Journal, 2011.

11. Kayrbekova D., Barabadi A. and Markeset, T. Maintenance cost evaluation of a system to be used in Arctic conditions: a case study / Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2011. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 320-336.

## ОБЩИЙ МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.В. Волков

Тульский государственный университет,

г. Тула

**Аннотация.** Рассмотрены понятие реализуемых биологическими системами естественных технологий, положенное А.М. Уголевым в основу определения феномена жизни; представления К.Л. фон Берталанфи о живых системах. В качестве важной естественной технологии выделено целесообразное воспроизводство унитарных реакций поведения животных, составляющее ядро теории Л.В. Крушинского. Сформулирована гипотеза природы колебательных процессов, выделяемых в структуре рядов – регистраций свойств различных систем, связываемой с копированием единичных паттернов поведения – вейвлетов во времени и пространстве с накоплением ошибок. Рассмотрена философская причина возникновения ошибок. Указаны некоторые закономерности копирования паттернов, в том числе отражающие специфику формирования культуры и исторического развития социальных систем.

История изучения организмов методами классической науки насчитывает четыре столетия. Однако исчерпывающего определения феномена жизни до сих пор, по-видимому, не предложено. Помимо идеи К. Маркса о жизни, как форме существования белковых тел, известность получило определение российского физиолога, доктора медицинских наук, академика А.М. Уголева (1926-1991).

Александр Михайлович выступал за критическое отношение к догмам и признанным классификациям, долгие годы господствовавшим в науке. Свои идеи он изложил в работе «Теория адекватного питания и трофология» (СПб, 1991). В частности, учёный полагал, что человек и высшие животные являют собой не столько организменные, сколь надорганизменные системы, объединяющие макроорганизм и микрофлору его желудочно-кишечного тракта, изучаемые дисциплиной – эндэкологией (<http://ru.wikipedia.org/wiki/>).

Обоснованию концепции так называемых *естественных технологий*, реализуемых биологическими системами на разных уровнях организации живого, посвящена работа А.М. Уголева «Естественные технологии биологических систем» (Л.: Наука, 1987, серия «Наука и технический прогресс»; <https://www.litmir.me/br/?b=178555&p=1>). «Концепция естественных технологий обосновывается на примере наиболее важных процессов в живых системах, их эволюции и происхождения. Охарактеризованы... некоторые закономерности, которые могут быть интерпретированы как общие для естественных технологий живой природы и производственных технологий. Показано, что такие подходы плодотворны для понимания биологии в целом, процессов, протекающих в живых системах различной сложности, взаимодействий естественных и производственных технологий, в частности, в медицине, экологии, питании... В свете <этих идей...> общее представление о технологии превращается в науку о принципах, структуре и динамике организованных процессов. <Автором...> приведены многочисленные доказательства и обширная литература, позволившие обосновать вывод, что жизнь – это совокупность естественных технологий».

Таким образом, по мнению академика А.М. Уголева, *жизнь* представляет собой совокупность естественных технологий, обеспечивающих *воспроизводство* себе подобных процессов и структур за счёт использования энергии внешнего источника. Поэтому возникновение жизни – это возникновение комплекса новых естественной технологий.

Отметим, что основоположник общей теории систем австрийский биолог К.Л. фон Берталанфи (1901-1972) определял *живые системы* как «иерархически организованные открытые системы, сохраняющие себя или развивающиеся в направлении состояния подвижного равновесия. Поэтому важнейшими аспектами анализа биологических и биосоциальных явлений выступают обмен со средой и обратные связи» [1].

Особое место в рассуждениях К.Л. фон Берталанфи занимает обоснование системной аналогии между организмом биологическим и цивилизационным. Как подчёркивал учёный, историки «неустанно воюют против метафизического... утверждения О. Шпенглера о том, что цивилизации являются своего рода организмами, которые рождаются, развиваются в соответствии с их внутренними законами и, в конечном итоге, умирают». Очевидно, что между этими объектами

нельзя ставить знак тождества: «Никто не знает лучше биолога, что цивилизации не есть организмы». Основанием для аналогии выступает не таксономическая близость объектов, а их функциональное подобие. «В <социальных> организациях легко усматриваются квазибиологические функции. Они сохраняют себя, иногда воспроизводят себя или дают метастазы; они реагируют на стресс, стареют и умирают. Организации имеют различную анатомию, а те, которые перерабатывают материальные <ресурсы...>, обладают и физиологией». Использование биологических подходов и моделей для анализа социальных агрегаций означает «принятие в качестве исследовательского принципа модели живого организма, а также процессов и принципов, регулирующих его рост и развитие. Это требует поисков закономерных процессов в росте организаций» [1].

Важные представления о системных свойствах живого, прежде всего, о системных свойствах поведения, изложены в трудах профессор МГУ имени М.В. Ломоносова, члена-корреспондента АН СССР Л.В. Крушинского [2]. Поведение реализуется как качественно новое свойство организма. Поэтому заключения о физиологических основах жизнедеятельности организма и используемые в этом случае познавательные приемы не могут автоматически экстраполироваться на его поведение. Физиология и поведение являют собой разные уровни анализа системного биологического объекта, текущая организация которого задаётся сочетанием общесистемных и специфических законов развития.

В статье 1948 года «Некоторые этапы интеграции в формировании поведения животных» учёный допустил, что сложное поведение животных может быть расчленено на отдельные *унитарные реакции поведения*. «Сформулировав понятие унитарной реакции поведения, – писал Л.В. Крушинский, – мы полагаем, что нам удалось охарактеризовать элементарную единицу поведения, формирующуюся в результате интеграции отдельных рефлексов – условных и безусловных» [2, с. 136]. Этот базовый акт поведения направлен на выполнение одиночного действия, которое, при различных способах своего осуществления, всё же имеет *определённый шаблон конечного исполнения*. Сказанное относится к формированию реакций поведения в онтогенезе. Таким образом, унитарная реакция – это простейшая в композиционном отношении интегрированная единица поведения.

В этом контексте «основное затруднение сводится к следующему. Изучая различные акты поведения собак, мы нашли, что сходное по конечному выражению поведение может обуславливаться различными причинами. В одних случаях определённый акт поведения формируется в результате индивидуального опыта животного; в других он может формироваться под ведущим влиянием врожденных факторов» [2, с. 129-130]. Иначе говоря, наблюдаемое поведение является результатом интеграции, или «теснейшего переплетения», врожденных и индивидуально приобретенных компонентов поведения. *Сочетание компонентов «не оказывается при этом строго детерминированным».*

Представление о том, что унитарные реакции формируют соответствующие биологические формы поведения, или так называемые биокomплексы активности, получило подтверждение в ряде поздних исследований. Касаясь вопроса *биологической целесообразности* подобного механизма жизни, Л.В. Крушинский

писал: «Биологические формы поведения, имеющие широкое значение для каждого вида животных, оказываются адаптированными ко всему многообразию конкретных условий, в которых они живут, не в целом, а посредством отдельных унитарных реакций. При помощи этого достигается возможность в случае изменений условий существования перестраивать не всю биологическую форму поведения в целом, а только ту её часть, которая необходима для адаптации к новым конкретным условиям жизни. *В противном случае каждое изменение условий существования приводило бы к необходимости переделки всей биологической формы поведения, что, несомненно, оказалось бы крайне биологически невыгодным. Дискретность биологических форм поведения имеет поэтому безусловную биологическую выгоду*» [2, с. 140].

Итак, одной из важных естественных технологий биологических систем выступает их адаптивное поведение во времени и пространстве, которое интегрирует ряд базовых компонентов; текущее сочетание компонентов в структуре поведения «не оказывается... строго детерминированным». Компонент поведения, который проявляет свою эффективность в различных условиях на протяжении ряда последовательных поколений и, в конечном счёте, обеспечивает положительный результат для выживания особей, закрепляется в структуре поведения группы путём «наследственной фиксации», а далее – широко копируется до тех пор, пока приносит ей биологическую выгоду. В этом заключается биологическая целесообразность процедуры копирования, в сравнении с повторной разработки новыми поколениями эффективных паттернов, или шаблонов исполнения, индивидуального и коллективного поведения. На уровне социальных агрегаций динамичный комплекс подобных паттернов именуют *культурой* (включающей и биологические, и внебиологические инструменты адаптации), а механизм воспроизводства основных системных черт культуры – народной *традицией*.

На основании изложенного, позволим себе сформулировать следующую *гипотезу*: природа ритмов, выделяемых в структуре рядов, характеризующих пространственно-временное поведение систем неживого (геофизического, геохимического, геологического), живого и социального генезиса методами спектрального анализа и иными приёмами обработки эмпирических данных, связана с реализацией *механизма копирования базовых паттернов поведения систем*, приближаемых единичным колебанием (в данном случае назовём его «вейвлетом»; от англ. *wave* – волна, волнистая линия и *let* – пускать) с закономерным периодом колебания или длиной волны (рис. 1).

Подлежащий повторному воспроизводству во времени и/или пространстве вейвлет, понимаемый как единичный паттерн поведения, подтвердил свою эффективность – в аспекте обеспечения сохранения системой своего состава, строения, свойств, то есть устойчивости – как в «онтогенезе», так и в «филогенезе» (в эволюционном смысле). Возможно, именно так Природа экономит и свои «идеи» (законы), и «ресурсы». Разрабатывать новый паттерн поведения в то время, как ранее используемый паттерн из данной их группы подтверждает свою эффективность, энергетически не выгодно.

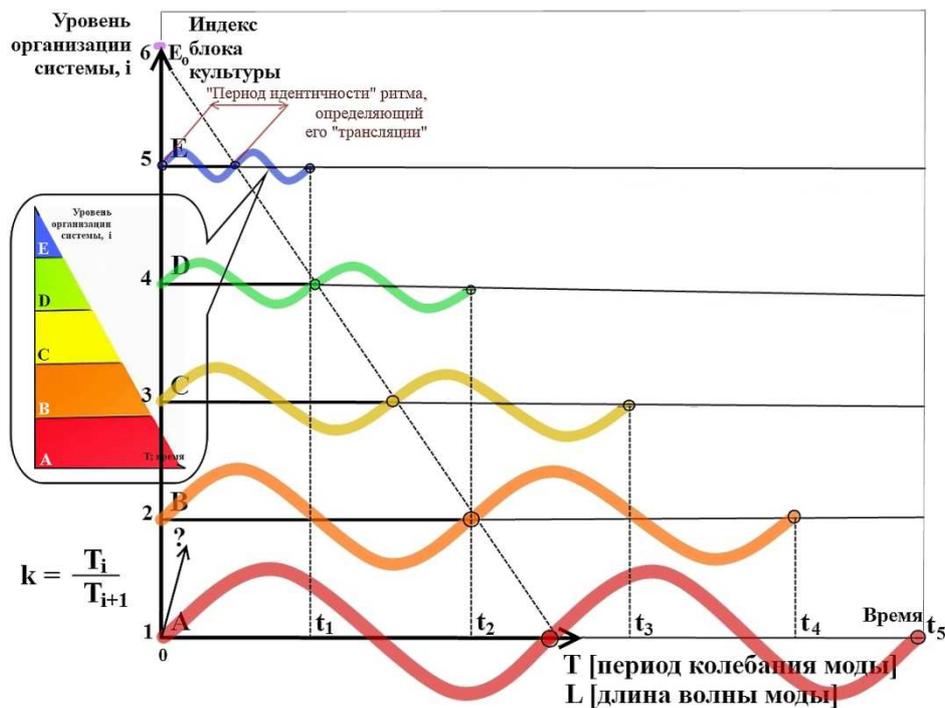


Рис. 1. Копирование базовых ритмов как возможная природа сложных колебательных процессов, несущих информацию об историческом развитии социальных систем

Тем не менее, процедура многократного копирования паттернов поведения допускает внесение в их структуру изменений, или «ошибок», постепенно искажающих первоначальные характеристики и ухудшающих – в аспекте обеспечения жизни систем – первоначальные свойства (функционал). Вполне возможно, что в данном случае правомочна аналогия с концепцией ресурсных циклов, предложенной в 1975 году И.В. Комаром [3].

Поэтому возможная природа колебательных процессов допускает не идеальное копирование базовых паттернов поведения систем – так называемых вейвлетов, а копирование с «ошибками», погрешностями, мутациями (лат. *mutatio* – перемена, изменение, смена; *rit.* замена одного выражения другим). Со временем накопление подобных мутаций приводит к качественному преобразованию системы, включая её разрушение.

Коротко отметим, что в трактате «О возникновении и уничтожении» в качестве главного источника ошибок копирования, или мутаций, базовых ритмов Аристотель рассматривал человека и общество. Первоначально базовые ритмы, несущие информацию о Высшем Замысле, идеальны и не содержат погрешностей. Но, при взаимодействии с земными реалиями, эти ритмы искажаются и Замысел о мире становится менее доступным для понимания. Вполне возможно показать эмпирически, что чем в большей степени единичная колебательная мода отличается от гармоники, а комплекс мод – от полигармонического процесса, тем хуже эвристические возможности статистических методов обработки рядов наблюдений, включая возможности модификаций спектрального анализа. Наконец, при максимальном искажении ритмов – что имеет и количественное выражение – статистические методы обработки данных перестают работать, то есть не

позволяют извлекать даже минимальную информацию из подобных рядов наблюдений.

Платон в своих сочинениях приписывал Протагору следующую максиму: «О богах я не могу знать, есть ли они, нет ли их, потому что слишком многое препятствует такому знанию, – и вопрос тёмн и *людская жизнь коротка*» (видимо, ни один из трактатов Протагора не сохранился до наших дней, и потому о его наследии мы можем судить лишь по разрозненным цитатам; [https:// dic.academic.ru/ dic.nsf/enc\\_philosophy/995/Протагор](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/995/Протагор)). Так или иначе, но имеются основания связывать с Высшим Замыслом о мире, в первую очередь, *наиболее низкочастотные* моды, выделяемые в спектрах социально-исторических процессов. Блок подобных компонент наименее доступен для вмешательства человека и потому – наиболее инвариантен во времени и пространстве. Он служит фундаментом, на котором оформляются иные, более высокочастотные, эшелоны культуры. Взятые в динамическом единстве, эшелоны определяют специфику – геометрию – исторической траектории большинства социальных групп и народов Евразийского пространства. Правда, в составе каждой локальной цивилизации представлены группы, фундаментальные характеристики которых связаны с иными эшелонами культуры – высокочастотными, а с низкочастотными компартментами сопряжены «надстроечные» структуры подобной, по сути, контркультуры.

Но вернёмся к главной идее данной публикации, а именно к природе колебательных процессов как проявлению механизма копирования единичных паттернов изменения систем – вейвлетов – с накапливающимися в ходе репликации (от англ. *reply* – ответ, отвечать) ошибками.

Стоит заметить, что механизм воспроизводства единичных паттернов организации систем в ответ на вызовы среды действительно имеет место в природе. Так, согласно определению, *трехмерная периодичность* внутреннего строения характерна для кристаллических тел – минералов, сочетания которых определяют свойства пород литосферы Земли. При этом математическая абстракция, или модель, позволяющая описать положение узлов минерала в пространстве, именуется кристаллической решёткой. Чем сложнее организация кристаллического тела, тем сильнее выражена его анизотропия – способность неодинаково проявлять свойства по разным направлениям анализа образца.

Следовательно, можно допустить, что чем больше единичных паттернов организации входит в состав изучаемого объекта или процесса и чем сложнее характер их согласования, тем более видоспецифичным окажется данный объект или процесс, в том числе в аспекте анизотропии проявления своих свойств по разным направлениям анализа. Применительно к феномену культуры социальных объединений можно сказать, что наиболее сложные культуры непременно продемонстрируют свою «анизотропность» – селективную чувствительность, как реакцию на то или иное сочетание обстоятельств жизни системы. Более простые культуры, видимо, и более изотропны, т.е. одинаково чувствительны к различным вызовам истории.

Согласно рис. 1, копирование базовых паттернов формирования поведения – так называемых вейвлетов происходит на разных уровнях организации изучаемой

системы ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ). Эти уровни могут получить и буквенное обозначение (от  $A$  до  $E$  и  $E_0$ ), характеризующие социальные образования различной сложности и времени жизни – от собственно локальных цивилизаций до семейных союзов и самочувствия отдельных индивидуумов ( $E_0$ ). Последний тип обозначений используется нами в структурной модели культуры социальной системы и классификации ритмов социально-исторического развития, обладающей чертами периодического строения (рис. 2). Эти абстракции мы не раз обсуждали в наших публикациях. Коэффициент  $k$ , численно равный отношению  $T_i/T_{i+1}$ , отражает фрактальность организации подобного набора паттернов, или шаблонов, поведения:  $k = T_i/T_{i+1}$ , где  $T$  – период колебания единичного вейвлета данного уровня, подлежащего копированию с ошибками. Величина  $k \approx 9,674$ , что истолковывается как мера качественного различия (своеобразия) единичных вейвлетов и сопряжённых с ними компартов культуры.

Эшелон	Группа ритмов																		
	I			II			III			IV			V			VI			
$E_0$	0	0,002		0,004			0,006				0,01				0,014		0,018		
E	0,018	0,02		0,04			0,06				0,10				0,14		0,17		
D	0,17	0,21		0,37			0,57				0,94				1,31		1,67		
C	РЕФЕРЕНТНАЯ ГРУППА						СМИ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРА												
	1,67	2,0		3,6			5,6/5,5				9,1/9,5				12,6/13,3		16,2/17		
B	ЭКОНОМ. СПЕКУЛ.			ЭКОНОМ. РЕАЛЬНАЯ (ПРОИЗВОДСТВО)			ПРИКЛАДНАЯ НАУКА												
	Торговля, производство						Техническая культура												
A	17	19,4/21,5	26	30,5	34,8/36	39,5	45,5	53,7/52	59,3	70	82,5	88/91,5	98,5	107	114	122/127	144	154	157/171
	«ПРИНУЖДЕНИЕ»			ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ			НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ФИЛОСОФИЯ												
	Армия, наука						«Высокая» культура												
	171	187/195	217	337			520				852				1184				1516
	РЕЛИГИЯ			ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА, МИФ			КОЛЛЕКТИВНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ												
	Религия, идеология						Этнокультура												
Номер	+		-			+			-					+			-		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Жизнедеятельность общества в форме природо- и ресурсопользования

Рис. 2. Система ритмов социально-исторического развития, обладающая чертами периодического строения

Отметим, что параметр, численно близкий указанному значению коэффициента  $k$ , обсуждается в концепции ресурсных циклов И.В. Комара. Согласно [3], ресурсный цикл предполагает вовлечение в хозяйственный оборот веществ отходов производства и потребления, полезные свойства которых частично воссоздаются человеком; речь идёт о так называемом *рециклинге* отходов. Человек способен интенсифицировать рециклинг, но в этом случае повторная эксплуатация ресурсов, утративших потребительские свойства, оказывается всё более материало- и энергозатратной. Доля антропогенного вклада в глобальный круговорот веществ позволила авторам [3] выделить ряд исторических типов ресурсопользования.

Зависимость доли антропогенно восстановленных ресурсов ( $S$ ) от общего объёма потребления ресурсов данного вида ( $R$ ) такова:  $S = k \cdot \ln(R) + b$ , где величина коэффициента  $k$  отражает возможную интенсивность регенерации ресурса по мере увеличения его ежегодного потребления. Максимальные значения  $k = 8...10$  характерны для ресурсов с низкими естественными запасами, в т.ч. для некоторых

цветных и редкоземельных металлов. Наиболее низкие значения  $k = 0,5...1,5$  соответствуют бездефицитным в настоящее время ресурсам. В арифметическом масштабе графики функций  $S = f(R)$  стремятся к логистическому типу кривых [3].

Итак, величина коэффициента  $k$  в моделях циклов различной природы не превышает 10 и, по сути, отражает количество актов тестирования системы в экстремальных условиях её эксплуатации, т.е. тестирования системы «на отказ».

Возвращаясь к рис. 1, отметим, что повторные реплики каждого  $i$ -го уровня имеют свои, специфические ошибки, возникающие в ходе многократного копирования исходного паттерна организации системы. Далее реплики всех уровней анализа системы суммируются и с некоторой математической точностью и физической достоверностью воспроизводят информацию о текущем состоянии системы, об особенностях наблюдаемой фазы её развития.

Описание пройденных состояний системы и формальный прогноз перспективных её состояний, а также постановка и решение задачи управления процессом развития предполагает использование модели вида [4]:

$$\ln(N_d) = \ln(N_0) + \int [\sum (A_i \cdot \cos([2\pi/T_i] \cdot d + B_i) + Q) dd,$$

где  $d$  – мера времени: номер позиции изучаемого параметра системы в организованном ряду данных;  $N_0$  – значение параметра системы в начальный момент времени;  $N_d$  – значение параметра по прошествии времени  $d$ ;  $A_i, T_i, B_i$  – соответственно значения амплитуды, периода колебания и начальной фазы  $i$ -ой колебательной компоненты, выделяемой методом спектрального анализа в рядах удельной скорости изменения параметра системы ( $r_d = (N_d)^{-1} \cdot [N_d - N_{(d-1)}] / \Delta d$ ), эти значения – результат использования метода наименьших квадратов;  $Q$  – константа.

Копирование базовых паттернов со специфическими ошибками и использование модели приведённого выше типа определяют то обстоятельство, что суммарный (интегральный) паттерн процесса развития не воспроизводится в точности, то есть процесс социально-исторического развития не является регулярным, обладает чертами принципиальной необратимости, а, при некоторых дополнительных соображениях, – и направленности (*эквифинальности*, согласно теории К.Л. фон Бергаланфи; *сукцессионности*, согласно теории системной экологии). Другими словами, история любого социального объединения – уникальна, как и любой эволюционный процесс, однако, вполне проявляет своих механизмы и законы развития. Предметом формального прогнозирования может выступать лишь *генерализованный тип* предстоящих ситуаций развития, причём чем больше глубина прогноза, тем менее детализированным оказывается формальное описание перспективных ситуаций и менее физически достоверным. При этом математическая точность описания может и не страдать.

Возникает правомочный вопрос: почему процесс воспроизводства (копирования) базовых паттернов организации системы, или вейвлетов, сопряжён с появлением на каждом  $i$ -м уровне её анализа своих, специфических ошибок копирования? По нашему мнению, специфичность ошибок обусловлена принципиально неодинаковой скоростью воспроизводства паттернов: чем больше значение индекса  $i$  (см. рис. 1), тем выше скорость копирования паттернов  $V_i$ , тем выше вероятность появления существенных погрешностей, или мутаций  $w_i$  во вновь продуцируемых вейвлетах. И это понятно: при небольшой величине периода

колебания базового вейвлета  $T_i$  время наработки исходного образца «на отказ» также будет небольшим. По прошествии не более 10 циклов, исходный паттерн полностью утратит свои функциональные, биологически целесообразные свойства. Возникнет необходимость замены отработанного паттерна другим, более соответствующим новым режимам эксплуатации системы. В противном случае первоначальный паттерн начнёт играть роль источника шума, что может привести к качественному изменению системы (в так называемых «режимах с обострением»).

Приведём пример. Согласно вполне устойчивому мнению экономистов и нашей классификации ритмов социально-исторического развития (см. рис. 2), колебательная компонента с  $T \approx 5$  годам отражает динамику реальной производящей экономики (и потому часто именуется «производственным циклом»). Величина, численно равная  $10 \cdot T \approx 50 \pm \Delta$  годам, характеризует так называемый *цикл Кондратьева*, отражающий динамику промышленных революций или последовательную смену технологических укладов общества. Действительно, в ту фазу исторического развития, когда исходный вейвлет с  $T \approx 5$  годам полностью исчерпает свой функционал, промышленная революция, видимо, неизбежна.

Известен пример и с циклами длительностью около 11,1 года и около одного столетия, подробно рассмотренными А.Л. Чижевским в рамках его теории «историометрических циклов» [5, 6].

Коротко отметим, что использование для более адекватной, физически достоверной подгонки формальных моделей социально-исторических процессов возможностей *амплитудной и/или фазовой модуляции* единичных колебательных мод также приводит к неслучайным результатам. В частности, на примере анализа исторической траектории развития Москвы, начиная с 1350 года, нами показано, что величина периода модулирующего компонента в составе единичной моды на порядок или более превышает величину основного периода колебания данной моды. Другими словами, амплитудная модуляция компоненты с  $T \approx 5$  годам выполняется именно циклом Н.Д. Кондратьева, отражающего динамику промышленных революций. И эта эмпирическая закономерность прослеживается для всего набора учитываемых в моделях ритмов.

Тем не менее, возможен и второй вопрос: почему с повышением величины индекса уровня  $i$  непременно увеличивается скорость воспроизводства базовых паттернов организации системы, или вейвлетов,  $V_i$ ? Более быстрое копирование относительно высокочастотных паттернов (с небольшими «характерными временами») необходимо для того, чтобы система успевала организовать всю композицию своих паттернов – культуру, основу, фундамент которой образует наиболее низкочастотный паттерн первого уровня анализа (обозначаемый буквой «А»; утверждение справедливо для т.н. «общинной цивилизации», которой противопоставляется «гражданская цивилизация»). По нашему мнению, этот эшелон, или инвариант, культуры наполняется институционализированной религией, общей картиной мира и народной мифологией (в т.ч. сказками); в него же входит и коллективное бессознательное (см. рис. 2). Другими словами, будучи максимально инвариантным, как во времени, так и в пространстве (с  $k_{\text{цикла}} \leq 2,5$ ), эшелон «А», по

сути, ожидает, когда социальная система на этой базе соорганизует другие свои эшелоны (по мнению Ефрема Святогорца, если человек желает прекратить делать дурные дела, не заботясь о *внутренних помыслах*, он трудится напрасно).

Вновь обратимся к рис. 1. В момент времени  $t_4$  полностью завершится процесс реплицирования ритма, характеризующего эшелон культуры «*B*». При этом ритмы других эшелонов («*C*», «*D*», «*E*») могут оказаться воспроизведёнными – какие полностью, какие частично – не один раз. В любом случае, в интервале времени  $t_4$  структура культуры не окажется кардинально нарушенной, то есть будет включать ряд базовых своих компарментов, а на данном фундаменте эшелоны «верхних» уровней сформируются быстро.

Альтернативная ситуация состоит в следующем. В момент времени  $t_1$  полностью завершится реплицирование ритма эшелона «*E*», связываемого с процессами жизнедеятельности отдельных индивидуумов, или «социальных атомов» групп, а процесс воспроизводства ритмов остальных эшелонов культуры ещё не завершится. Поэтому данные паттерны организации системы, входящие в структуру культуры, представлены своими фрагментами, возможно, затрудняющими их согласование. Другими словами, на «обломках» прежней культуры разобщённые в социальном плане люди будут пытаться сохранить биологическую основу своей жизнедеятельности. По-видимому, рассмотренные альтернативы действительно являются таковыми.

В заключение укажем, что введённые уровни организации социальной системы ( $i$ ) – дискретны, а соответствующие им эшелоны культуры («*A...E*») – достаточно автономны (в понимании Р.В. Хэмминга, *Richard Wesley Hamming*), то есть сохраняют на протяжении своего *характерного времени* качественную определённую специфичность. Каждый уровень связан со своим энергетическим состоянием, со своим «спектральным диапазоном» в едином спектре, количественно характеризующем социально-историческое развитие изучаемой системы; со своей группой причин, обуславливающей наблюдаемые изменения системы. Поэтому и скорость воспроизводства паттернов  $V_i$  (число актов копирования базового вейвлета в единицу времени) не является случайной, а также выступает количественной характеристикой своего эшелона культуры.

Другими словами, каждый  $i$ -й паттерн организации системы в  $k$  раз более инвариантен, в сравнении с  $(i+1)$ -м соседним паттерном. Подобный *закон сопряжения паттернов* биологически целесообразен для того, чтобы система устойчиво воспроизводила свои основные свойства и функции во времени и пространстве, то есть являлась «*биологически непрерывной*» (в терминах системной экологии). В свою очередь, биологическая непрерывность служит, пожалуй, наиболее важной предпосылкой сохранения и «развития» *геополитической субъектности* любого социального объединения, включая государство.

В случае же, если  $V_i \approx const$  (для любого  $i$ ), в системе с ходом времени быстро накопится рассогласование – возникнет конфликт – свойств, связанных с *мотивами, принципами и инструментами реализации* своих целевых функций различными группами населения и социальными институтами, которое, раньше или позже, обеспечит качественное изменение системы, включая её разрушение. Казалось бы, в чём заключается проблема? В один и тот же интервал времени

полностью воспроизведутся все блоки, образующие здание культуры общества, и это – хорошо. Но насколько функциональными – с позиции мотивов, принципов и инструментов исторического творчества – окажутся при этом наиболее низкочастотные базовые блоки культуры? Не удивительно, что одним из квалификационных признаков *назревающего кризиса* социально-экономического развития многие специалисты называют «подтягивание» скорости течения наиболее медленных консервативных процессов к скорости протекания наиболее быстрых процессов, например, с  $T \approx 5$  годам. Смещение спектральной картины процесса развития в область наиболее высокочастотных ритмов отражает повышение социальной «температуры» общества, рост социальной напряжённости и конфликтного потенциала (по сути, закон В. Вина). Если же  $V_i \approx k \cdot V_{(i+1)}$ , то устойчивости согласования интересов различных социальных групп и институтов общества (эшелонов, или инвариантов, культуры) с этой стороны ничего не угрожает. Как следствие, система продолжит «устойчивое» развитие, обеспечивая биологическую непрерывность и геополитическую субъектность своего общества.

### Список литературы

1. Берталанфи Л. фон. *Общая теория систем – критический обзор// Исследования по общей теории систем: сборник переводов/ под общ. ред. В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина (URL: [http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy\\_1.html](http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_1.html)).*
2. Крушинский Л.В. *Эволюционно-генетические аспекты поведения: избранные труды.* – М.: Наука, 1991. – 259 с.
3. *Анатомия кризисов/ А.Д. Арманд, Д.И. Люри, В.В. Жерихин и др.* – М.: Наука, 1999. – 238 с.
4. Волков А.В. *Принципы изучения биофизических механизмов экологически безопасного развития общества// Безопасность жизнедеятельности.* – М.: Изд-во Новые технологии, 2005 – № 9 – С. 45-50.
5. Чижевский А.Л. *Земля в объятиях Солнца.* – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. – (Антология мысли).
6. Чижевский А.Л. *Вся жизнь.* – М.: Сов. Россия, 1974. – 208 с.

## ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕЧАТ

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

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются влияние и роль химических элементов в медицинском направлении.

Неорганическая химия является наукой, создающей теоретическую базу для изучения других химических дисциплин, формирующих профиль подготовки фармацевта, врача. Говоря о фармакологии, следует отметить, что в

номенклатуре лекарственных средств значительное место занимают неорганические соединения. Использование химических элементов в составе препаратов разнообразны.

Препараты рубидия применяются в медицине в качестве снотворных и болеутоляющих средств, а также при лечении некоторых форм эпилепсии.

Цезий: изотоп  $^{137}\text{Cs}$  применяется для лечения злокачественных опухолей.

Щелочные металлы: в качестве лекарств используются бромиды Li, Na, K, например, KBr назначается людям с заболеванием сердечно-сосудистой системы, а также для профилактики эпилептических припадков.

Литий – активный щелочной металл, в медицине применяется в виде солей, в основном карбоната лития  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  с 1959г. стали применяться для лечения психомоторного возбуждения, а также при депрессиях. Известны препараты лития на органической основе цитрата, оксидурата, никотината, сукцината, оротата.

Нитрит натрия  $\text{NaNO}_2$  применяется как сосудорасширяющее средство при стенокардии, а также как противоядие при отравлениях KCN.

Метасиликат калия  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  – в медицине для изготовления имплантантов и перевязочных материалов, в сельском хозяйстве для обработки семян от вредных микроорганизмов, для защиты срезов деревьев.

В научной лаборатории биопрепаратов успешно ведутся исследования по применению девятиводного метасиликата натрия ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) – натриевая соль метакремниевой кислоты, малотоксичный препарат, применяют в медицине для обеззараживания помещений, инструментов и одежды. В сельском хозяйстве известно применение экологически чистого препарата «Бальзам ЭКБ» в состав, которого входят компоненты: концентрат сескви- и дитерпенов, метасиликата натрия и воды, представляющий собой вязкую жидкость от желтого до темно-коричневого цвета, с хвойным запахом, хорошо растворимый в воде, не растворим в органических растворителях.

Аэрозольные обработки применяли в МХП «Маяк» Лискинского района Воронежской области при респираторных (парагрипп) заболеваниях животных. При применении препаратов серии «бальзам» улучшался микроклимат, значительно быстрее выздоравливали животные, эффективнее было лечение в комплексе с другими лекарствами. По нашим наблюдениям, применение этих препаратов позволило увеличить привесы до 12 % и выше. Действие «бальзамов» основано на влиянии терпеновых кислот и спиртов, входящих в состав препаратов, на воздушную среду в помещении. Аналогичные действия оказывают ароматизированные выделения смол хвойных деревьев, благоприятно действуют на окружающую среду, что немало важно для обслуживающего персонала – рабочих. Проведенные нами исследования по применению терпеноидов («бальзамов») положительно влияют на темпы роста телят, сохранность, устойчивость животных к неблагоприятным факторам окружающей среды. Научные исследования по рациональному использованию экологически чистых природных растительных компонентов для создания препаратов серии: «Бальзам», «Сувар» продолжаются совместно с

обучающимися химико-фармацевтического факультета Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова [1-9].

### Список литературы

1. Ершов Ю.А. *Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учеб. для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд [и др.]; Под ред. Ю.А. Ершова. – 4е изд., стер. – М.: Высш.шк., 2003. – 560 с.*
2. 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.*
3. Заживихина Е.И., Маркова С.А., Смирнова С.Н., Сошитов К.С., Клейменов Д.Я., Блинова К.Н. *Патент РФ № 2123355 // Бюл. №35 от 20.12.98.*
4. 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.*
5. 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.*
6. Заживихина Е.И. *Изучение биологической роли препарата «Сувар» на телятах / 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. 212-213.*
7. 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.*
8. 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.*
9. Маркова С.А. *Изучение дезинфицирующей способности «Бальзам-ЭКБ» на телятах / С.А. Маркова, Е.И. Заживихина // Журнал экологии и промышленной безопасности. – 2007, № 2 (32). – С. 75-76.*

## ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ

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

***Аннотация.** Изучены количественные закономерности влияния тяжелых металлов на фосфатазную активность почвы. Продемонстрирован обратимый характер почвенной металлотороксичности, показано, что степень дезактивации фермента зависит как от природы металла и его концентрации, так и от свойств почвы и вносимых удобрений, что может быть использовано при разработке мероприятий по снижению уровня загрязнения окружающей среды.*

Металлотороксичность в почвах характеризуется, главным образом, отрицательным воздействием металлоионов на функционирование важнейших почвенных ферментов, что позволяет использовать, например, фосфатазную активность в качестве биоиндикатора для определения степени загрязнения почв и уровня техногенной нагрузки на окружающую среду.

Изучение количественных закономерностей влияния тяжелых металлов на фосфатазную активность почв проводилось на почвенных образцах Щекинского (Ясная Поляна), Арсеньевского (пойма реки Оки), Белевского (пойма реки Оки) районов. Интерес представлял анализ факторов, влияющих на почвенную металлотороксичность.

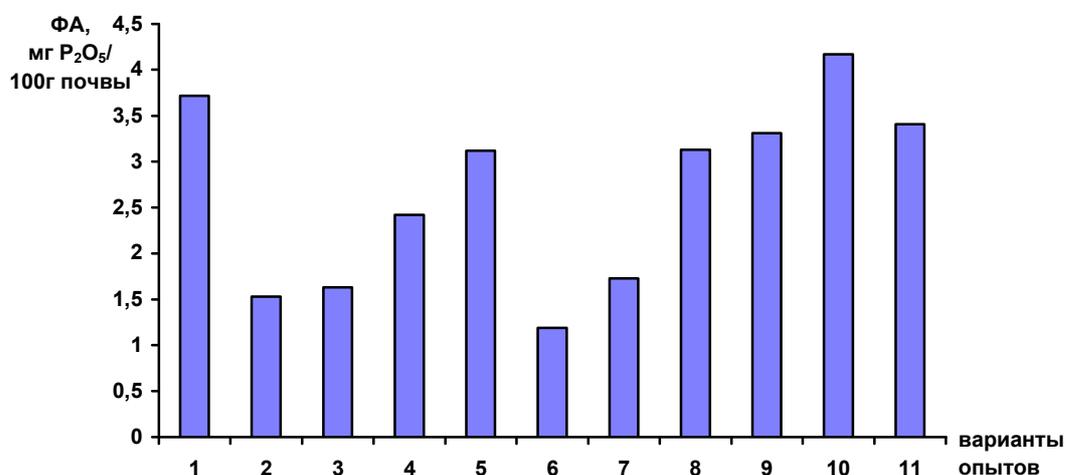


Диаграмма изменения фосфатазной активности в зависимости от условий

1 - Почва – контроль (П - К), средняя проба почвы парка Яснополянской школы - лаборатории.

2 - (П - К) + CuSO<sub>4</sub> (10 ПДК);

3 - (П - К) + CuSO<sub>4</sub> (10 ПДК) + CaCO<sub>3</sub> (2 Н<sub>гидр.</sub>);

4 - (П - К) + CuSO<sub>4</sub> (10 ПДК) + CaCO<sub>3</sub> (4 Н<sub>гидр.</sub>);

5 - (П - К) + CuSO<sub>4</sub> (10 ПДК) + гумат калия;

6 - (П - К) + CuSO<sub>4</sub> (20 ПДК);

7 - (П - К) + CuSO<sub>4</sub> (20 ПДК) + CaCO<sub>3</sub> (2 Н<sub>гидр.</sub>);

- 8 - (П - К) +  $MnSO_4$  (10 ПДК);
- 9 - (П - К) +  $MnSO_4$  (10 ПДК) +  $CaCO_3$  (2  $N_{гидр.}$ );
- 10 - (П - К) +  $MnSO_4$  (10 ПДК) +  $CaCO_3$  (4  $N_{гидр.}$ );
- 11 - (П - К) +  $MnSO_4$  (10 ПДК) + гумат калия.

Анализ диаграммы (рисунок) показывает, что в присутствии солей меди (вар.2) фосфатазная активность заметно подавляется, причем эффект усиливается с ростом концентрации металла (вар.6).

При известковании почвы по полной гидролитической кислотности ( $N_{гидр.}$ ) отмечается некоторая активизация фосфатаз (вар.3), что можно объяснить нейтрализацией почвенной кислотности и созданием более благоприятных условий для деятельности фермента, а также связыванием токсичных ионов металла в труднорастворимые и, следовательно, менее доступные формы. Положительное влияние известкования на фосфатазную активность возрастает при увеличении дозы извести (вар.4).

Внесение гумата калия (вар.5) снижает негативное воздействие меди в большей степени, чем известкование. Очевидно, это связано с тем, что гуматы богаты коллоидными частицами, способными адсорбировать ионы тяжелых металлов, а также содержат компоненты, которые образуют прочные комплексные соединения, например, гуматы меди. Кроме того, в составе гуматов содержатся микроэлементы, которые позитивно влияют на деятельность фермента и микрофлоры (Mo – является активатором фосфатаз, K – питательный элемент микроорганизмов).

Токсическое действие марганца (вар.8) выражено слабее, чем в случае меди. При этом известкование почвы (вар.9,10) и внесение гумата калия (вар.11) действуют аналогично, приводя к повышению уровня ферментативной активности.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что нейтрализация почвенной кислотности путем известкования, а также внесения активных форм органических веществ заметно снижает негативное воздействие тяжелых металлов, приводя к восстановлению функции почвенных фосфатаз. Это показывает, что металлотоксичность имеет обратимый характер. При этом детоксикация легче протекает при загрязнении почвы солями кадмия и особенно никеля. Ранее нами было показано [1], что уже при известковании почвы активность фермента полностью восстанавливается, а внесение гуматов вызывает ее значительное увеличение по сравнению с контрольным вариантом.

В случае меди токсичное воздействие более устойчиво и контрольный уровень фосфатазной активности не достигается. Очевидно, это объясняется достаточно прочным связыванием меди почвой. Показано, что поглощение меди происходит как по механизму неспецифической абсорбции (катионно-обменное поглощение), так и специфической – поглощение вследствие образования координационных связей, например, с аминогруппами органических веществ почвы. Этот процесс для меди протекает значительно глубже, чем для других тяжелых металлов, что подтверждается константами устойчивости их комплексных соединений с гуминовыми веществами [2].

Увеличение рН почвы путем известкования полностью нейтрализует марганцевую токсичность и увеличивает активность фосфатазы по сравнению с контрольным вариантом. Неожиданной явилась в этом случае сравнительно низкая эффективность гумата калия. Вероятно, это связано с тем, что ПДК для марганца в почвах достаточно высока (150 мг/кг, для меди – 3 мг/кг) и при внесении гумата калия количество органического соединения, способного к комплексообразованию, недостаточно, чтобы понизить концентрацию металла до нетоксичного уровня.

Таблица 1

Изменение фосфатазной активности различных почвенных образцов

Образцы почв	Щекинский р-н д. Ясная Поляна парк школы-лаборатории (Я)*		Арсеньевский р-н д. Б.Голубочки долина реки Оки (А)**		Белевский р-н д. Береговая долина реки Оки (Б)***	
	ФА, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100г почвы	$\frac{\Delta \text{ФА}}{\text{ФА} - \text{К}}$ , %	ФА, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100г почвы	$\frac{\Delta \text{ФА}}{\text{ФА} - \text{К}}$ , %	ФА, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100г почвы	$\frac{\Delta \text{ФА}}{\text{ФА} - \text{К}}$ , %
Почва-контроль	3,72 ± 0,04		3,75 ± 0,15		4,09 ± 0,06	
Почва + CuSO <sub>4</sub>	1,53 ± 0,11	58,87	3,20 ± 0,16	14,67	3,85 ± 0,09	5,86
Почва + CuSO <sub>4</sub> + CaCO <sub>3</sub>	1,65 ± 0,08		3,72 ± 0,17		3,94 ± 0,31	
Почва + CuSO <sub>4</sub> + гумат калия	3,10 ± 0,06		4,08 ± 0,04		4,42 ± 0,03	
Почва + MnSO <sub>4</sub>	3,13 ± 0,15	15,80	3,51 ± 0,16	6,40	3,97 ± 0,12	1,22
Почва + MnSO <sub>4</sub> + CaCO <sub>3</sub>	3,31 ± 0,23		3,59 ± 0,07		4,04 ± 0,10	
Почва + MnSO <sub>4</sub> + гумат калия	3,41 ± 0,02		4,07 ± 0,05		4,47 ± 0,13	

\*) почва серая лесная пылеватосуглинистая на тяжелом суглинке, структура комковатая, водопрочная, цвет в воздушно-сухом состоянии светло-коричневый, влажность 19 %, обменная кислотность 6,36, содержание гумуса 2,52 %.

\*\*\*) почва дерново-подзолистая, структура комковатая, цвет серо-коричневый, влажность 19 %, обменная кислотность 6,42, содержание гумуса 4,45 %.

\*\*\*\*) почва серая лесная с вкраплениями дерново-подзолистой, структура зернистая, цвет темно-серый, влажность 20 %, обменная кислотность 6,54, содержание гумуса 5,21 %.

Этот вывод подтверждается исследованиями почвенных образцов Арсеньевского и Белевского районов, которые оказались более богатыми гумусовыми веществами. В этих почвах при внесении гумата калия металлотоксичность полностью устраняется.

В почвах, различающихся по морфологическим признакам и физико-химическим свойствам, обнаружены общие закономерности. Как видно из таблицы 2, в присутствии тяжелых металлов наблюдается снижение активности почвенных фосфатаз, причем в случае солей меди эффект выражен в большей степени, чем для солей марганца. Отмечается позитивная роль известкования почвы и внесения активных форм органических удобрений, в частности, гумата калия.

В то же время имеются некоторые особенности, связанные со свойствами почв. При внесении гумата калия в образцы Яснополянской почвы не удается достичь значения фосфатазной активности, соответствующего контрольному варианту. В почвах Арсеньевского и Белевского районов активность фермента в этих условиях не только восстанавливается, но и превышает контрольный уровень, при этом природа металла уже не влияет на абсолютную величину фосфатазной активности (табл.2).

В разных почвах степень дезактивации фосфатазы различна. Показано, что процесс ингибирования почвенных ферментов явно зависит от содержания гумуса в почве, при этом негативное влияние тяжелых металлов на ферментативную активность тем больше, чем беднее почва гумусом. Указанная тенденция проявляется и в почвенных образцах одного района при изменении рельефа местности, например, по склону берега реки. По мере приближения к руслу образцы почвы показывают последовательно убывающую фосфатазную активность. В этом же направлении возрастает степень отрицательного воздействия солей меди на деятельность почвенных фосфатаз. Наблюдаемые эффекты протекают на фоне существенного уменьшения в пробах содержания гумуса (таблица 2).

Таблица 2

Зависимость степени дезактивации фосфатазы от содержания в почве гумуса

Образец почвы	Вариант опыта	ФА, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100г почвы	$\frac{\Delta\text{ФА}}{\text{ФА} - \text{К}}$ , %	Содержание гумуса, %
Я	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,72 ± 0,04 1,53 ± 0,11	58,87	2,52
А -1	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,75 ± 0,15 3,20 ± 0,16	14,67	4,45
А -2	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,48 ± 0,10 2,71 ± 0,06	22,12	3,79

Продолжение таблицы				
А -3	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,41 ± 0,17 1,81 ± 0,04	46,92	3,11
А -4	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,31 ± 0,11 1,59 ± 0,07	51,96	2,76
Б -1	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	4,09 ± 0,06 3,85 ± 0,09	5,86	5,21
Б -2	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,93 ± 0,17 2,92 ± 0,12	11,96	4,35
Б -3	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,87 ± 0,22 2,33 ± 0,14	39,79	3,38
Б -4	Почва- контроль П - К + CuSO <sub>4</sub>	3,85 ± 0,06 2,25 ± 0,19	41,56	2,59

Установлено, что степень дезактивации исследуемого фермента в присутствии металлоионов ( $\frac{\Delta\Phi\text{А}}{\Phi\text{А} - \text{К}}$ ) изменяется антибатно массовой доле гумуса в почвенном образце ( $\omega$ ). Обнаружена удовлетворительная корреляция между названными параметрами, которая методом наименьших квадратов описывается соотношением:

$$\frac{\Delta\Phi\text{А}}{\Phi\text{А} - \text{К}} = (102,23 \pm 6,79) - (19,48 \pm 1,84) \cdot \omega; \quad \Gamma = 0,951, \quad s = 6,389.$$

Линейный характер зависимости  $\frac{\Delta\Phi\text{А}}{\Phi\text{А} - \text{К}} = f(\omega)$  указывает на то, что содержание гумуса в почве является доминирующим фактором, определяющим степень дезактивации фосфатазы. Показано, что почвы с высоким содержанием гумуса не только более устойчивы к действию токсикантов, но и легче в присутствии последних восстанавливают ферментативные функции при внесении минеральных и органических удобрений. Следовательно, гумус выступает стабилизатором важнейших почвенных процессов, снижает металлотоксичность, повышает защитные свойства почвы.

Полученные данные согласуются с результатами работы [3], авторы которой показали, что приспособительные свойства растений наиболее полно проявляются при взаимодействии с защитными свойствами почв. Так, в растениях, выращенных на почвах, богатых гумусом, концентрация тяжелых металлов значительно ниже, чем в растениях, снятых с мало буферных почв. В соответствии находится также тот факт, что известкование почв и внесение удобрений повышает урожайность культур и снижает содержание тяжелых металлов в растениях.

Таким образом, проведенные исследования демонстрируют обратимый характер почвенной металлотоксичности, показывают, что степень дезактивации фермента зависит как от природы металла и его концентрации, так и от свойств почвы и вносимых удобрений, что и определяет возможность восстановления ферментативных функций. Эта информация может быть использована при разработке систем контроля и мероприятий по снижению уровня загрязнения окружающей среды.

### Список литературы

1. Савинова Л.Н., Голополова Т.В., Глушанков В.К., Карташов Ю.Д. // Деп. в ВИНТИ № 62-ВОО от 17.01.2000.
2. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1992.
3. Соколов Э.М., Володин Н.И., Попов О.К., Еремеев Н.Д. Энергосбережение, экология и безопасность. Межд. научно-технич. конф. Тез. докл.: ТулГУ, Тула, 1999. – С. 145-147.

## СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г.Р. Минегулова, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Нефтегазовая промышленность является одним из крупных источников загрязнения окружающей среды. В соответствии с этим требуются неотложные меры по исправлению существующей экологической ситуации на предприятиях отрасли. Поэтому в нефтегазовой промышленности особенно остро стоит вопрос о ликвидации нефтяных шламов, накопленных на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях с начала их эксплуатации.

Твердые отходы нефтехимических предприятий включают в свой состав разнообразные вещества органического происхождения. К твердым отходам нефтехимического синтеза относятся: ветошь, пропитанная органическими веществами, активный уголь, иониты и другие адсорбенты, смолы, тяжелые металлы, их соли и оксиды, сульфиды, сульфаты, твердая часть нефтяных шламов, избыточный активный ил станций биологической очистки и осадки сточных вод [5].

При механической очистке производственных сточных вод образуются шламы и пастообразные осадки, которые не обходимо обрабатывать с целью утилизации или ликвидации. Осадки обычно накапливаются в специально оборудованных шламонакопителях [4].

В настоящее время получили распространение методы интенсивной обработки осадков: механическое обезвоживание на вакуум – фильтрах, фильтр – прессах и на центробежных сепараторах. Обезвоженные осадки и шламы в зависимости от их состава ограничено используются в промышленности, а в

большинстве случаев вывозятся в отвал. В случае содержания в осадках токсичных веществ их подвергают термическому обезвреживанию или захоронению [5].

Сегодня в мировой практике широко применяются биотехнологические методы очистки окружающей среды от нефти и нефтепродуктов, основанные на использовании высокоактивных микроорганизмов – деструкторов [5].

Твердые отходы включают в себя строительный мусор, древесину, землю, песок, загрязненные нефтепродуктами, полимерные материалы, осадки минеральных солей, шлаки, промышленные твердые отходы химических производств и так далее [5].

Методы обезвреживания твердых отходов нефтехимических производств приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Методы обезвреживания ТО

Отходы	Методы обезвреживания
Строительный мусор	Организованная свалка
Древесина, земля, песок, загрязненные нефтепродуктами	Организованная свалка
Полимерные материалы	Организованная свалка
Осадки минеральных солей, шлаки	Отвал
Промышленные твердые отходы химических производств (органические вещества с температурой плавления выше 30...40 °С)	Сжигание
Осадки сточных вод	Обезвоживание, использование, отвал, сжигание
Отработанный активный уголь	Сжигание
Отработанные иониты	Сжигание
Нефтяной шлам	Сжигание

Так как углеводородокисляющие микроорганизмы являются постоянными компонентами почвенных и водных биоценозов, возникает естественное стремление использования их катаболической активности для очистки нефтезагрязненных природных субстратов [3].

Ускорить этот процесс с помощью микроорганизмов возможно двумя способами:

— во-первых – активизацией метаболической активности естественной микрофлоры почвенных и водных экосистем путем изменения соответствующих физико – химических условий среды;

— во-вторых – внесением специально подобранных активных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненную почву или воду [4].

Для переработки нефтешламов используют биотехнологии, химотехнологии, акустические, термические и чисто огневые технологии, а также комбинированные технологии [5].

Наиболее распространенные механизмы утилизации нефтесодержащих отходов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Механизмы утилизации нефтесодержащих отходов

Вид материала	Методы извлечения нефти	Способ утилизации
Неэмульгированные нефтепродукты и загрязненные воды	Гравитационная или осадительная сепарация эмульсии. При этом извлеченная вода предполагает дальнейшую ее обработку	Использование извлеченной нефти в качестве топлива или сырья. Очищенную воду возвращают в производство или источник.
Эмульгированные нефтепродукты	Расщепление воды с освобождением воды следующими способами: – при помощи тепловой обработки; – при помощи химических веществ для расщепления эмульсии	Использование извлеченной нефти в качестве топлива или сырья Стабилизация и повторное использование Сжигание
Смесь нефти с булыжником, галькой, щебнем	Сбор жидкой фазы, которая просачивается при хранении в течение непродолжительного времени Экстракция нефти из песка путем промывки водой или растворителем	Возвращение очищенных камней, гальки или щебня в исходное место Стабилизация и повторное использование Захоронение
Смесь нефти с кусками древесины, пластмассы, морскими водорослями или сорбентами	Сбор жидкой нефти, которая просачивается при хранении в течение непродолжительного времени Смывание нефти с поверхности мусора при помощи воды Удаление воды Сжатие	Стабилизация и повторное использование после удаления крупных частиц Разложение при возделывании земли или компостирование нефти, которая находится в смеси с морскими водорослями, моллюсками или природными сорбентами Захоронение Сжигание

Установки, позволяющие безопасно утилизировать нефтесодержащие отходы путем сжигания, рекомендуемые в качестве наилучших доступных технологий приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Перечень оборудования для сжигания нефтесодержащих отходов

Наименование оборудования	Производительность, т/час	Технология	Система очистки газов	Применение на предприятиях
КТО – 1000.3.В / КТО – 1000.Ш	1 т/час	Сжигание во вращающейся печи	Камера дожига газов, Механическая очистка газов (рукавный фильтр, керамический патронный фильтр, мокрое пылеулавливание) Химическая очистка газов (сухой, полусухой, мокрый скруббер)	1) ООО «ТК «НефтеХимГаз» г. Москва 2) ОАО «РЖД» г. Москва
Мусоросжигательная установка СВ 128SW – L	0,3 т/час	Сжигание в камерной печи сжигания, оборудованная системой поддувал	Камера дожига газов	АО «ЧГК», г. Анадырь
Установка «Форсаж – 2М»	180 кг/час	Сжигание в камере сгорания (бочке)	Камера дожига газов	ООО «УНР – 17» Владимирская обл.
Инсинераторная установка ИУ – 80	0,18 т/час	Сжигание в печи	Камера дожига газов	МУП МО «НР» «Переработчик» г. Нерюнгри
КТО – 50.К20.П КТО – 50.К40.П КТО – 50.БМ.П	Кто50 (0,05 т/час) Кто100 (0,1 т/час) Кто150 (0.15 т/час)	Сжигание в подовой печи	Камера дожига газов, Механическая очистка газов (рукавный фильтр, керамический патронный фильтр, мокрое пылеулавливание) Химическая очистка газов (сухой, полусухой, мокрый скруббер)	20 предприятий на территории Российской Федерации
Установка «Форсаж – 1»	0,05т/час	Сжигание в Камере сгорания (бочке)	Камера до – жига газов	более 10 предприятий на территории Российской Федерации

Одной из наиболее эффективных является установка по пиролизу нефтесодержащих отходов, предложенная Фетисовым Д.Д. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

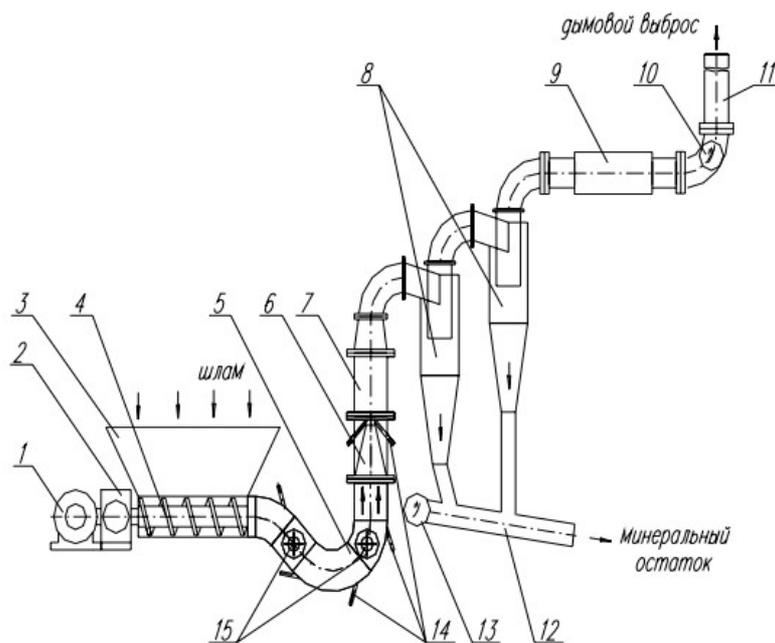


Рис. 1. Принципиальная схема установки для утилизации нефтешламов:

- 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – бункер загрузочный; 4 – конвейер винтовой; 5 – камера пиролизная; 6 – инжектор; 7 – камера дожигания; 8 – циклоны; 9 – нейтрализатор; 10 – дымосос; 11 – труба дымовая; 12 – канал разгрузочный; 13 – вентилятор разгрузки; 14 – форсунки воздушно – подающие; 15 – электроды

Углеродсодержащие отходы (шламы) доставляются и загружаются в приемный бункер 3. Равномерная подача утилизируемого материала в реактор 5 производится винтовым конвейером 4, приводимым в движение электрическим двигателем 1 через редуктор 2. Воздушно – шламовая смесь движется по реактору, между двумя парами графитовых электродов 15, заключенных в металлическую оболочку, которые подключены к выводам понижающего трансформатора 16. В дальнейшем смесь поступает во вторую высокотемпературную зону, где происходит окончательный процесс сгорания смеси, на которое идет оставшийся кислород подаваемого в реактор воздуха, и окончательная газификация органической составляющей [2].

Образующиеся в процессе утилизации смесь через инжектор 6 подается в камеру дожигания, куда также подается сжатый воздух через инжекторные каналы. При этом происходит полное сгорание пиролизного газа и возникает избыточное давление в камере дожигания, которое обеспечивает выброс минеральной составляющей дымовых газов по отводящим патрубкам в первый циклон.

Минеральный остаток через нижнюю конусную часть циклона ссыпается в закрытый разгрузочный канал 12 и выносится в отвал воздушным потоком, создаваемым осевым вентилятором разгрузки 13.

Дымовые газы подаются по отводящему патрубку во второй циклон 8, где и производится окончательное отделение твердой фазы, которая также через разгрузочный канал 12 выносится в отвал. Дымовые газы из второго циклона поступают в нейтрализатор 9, за счет разряжения, создаваемого дымососом 10.

После очистки дымовые газы через дымовую трубу 11 выбрасываются в атмосферу.

Производительность установки зависит от содержания углеводородов в нефтешламах и нефтезагрязненных землях, например, при 10 % (вес) твердой фазы производительность установки будет 0,1 м<sup>3</sup> /час, а при 90-1,2 м<sup>3</sup> /час. Данную установку предлагается использовать для ликвидации любых органических отходов, например, нефтешламов и разлившейся нефти путем перевода их в углеводороды нефтяного ряда. Реализация технических мероприятий представлена внедрением на объектах нефтегазового комплекса наилучших доступных технологий, направленных на уменьшение негативного воздействия. Способ утилизации отходов нефтегазовой промышленности относится к утилизации отходов нефтегазовой промышленности и может быть использовано для обезвреживания, ликвидации или повторного использования в строительстве сооружений, технической рекультивации нефтезагрязненных земель. Способ утилизации отходов нефтегазовой промышленности включает разделение в пространственно подвижной емкости на твердую и жидкую фазы, обезвреживание до 40 % жидкой фазы в ходе послойного вымораживания при температуре наружного воздуха ниже минус 5 °С. Затем удаляют ледяные блоки. При этом удаляют образующуюся пленку низковязкой нефти. Повторно разделяют жидкую фазу на составляющие аэрацией горячим воздухом и вибрацией. Жидкую фазу, нефть, твердую фазу удаляют из емкости. Твердую фазу и нефть смешивают и подвергают последующей термической обработке, охлаждают и утилизируют на объектах нефтегазовой промышленности. Для повторного использования при необходимости вводят органические вещества свыше 14 % от массы смеси и получают строительный материал. Изобретение позволяет снизить трудозатраты на обезвреживание отходов, снизить объемы отходов для захоронения.

Также целесообразно рассмотреть меры по сбору нефтепродуктов при их поступлении на поверхность водного объекта, поскольку основная масса нефтесодержащих отходов имеет состояние в виде суспензии.

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов предусматривает выполнение многофункционального комплекса задач, реализацию различных методов и использование технических средств. Независимо от характера аварийного разлива нефти и нефтепродуктов (ННП) первые меры по его ликвидации должны быть направлены на локализацию пятен во избежание распространения дальнейшего загрязнения новых участков и уменьшения площади загрязнения.

В настоящее время применяют следующие методы ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов:

- механические, к ним относятся различные методы сбора нефти с водной поверхности, начиная от ручного вычерпывания нефти до машинных комплексов нефтемусоросборщиков.

- физико-химические, к ним следует отнести, в первую очередь, применение адсорбирующих материалов: пенополиуретан, угольная пыль, резиновая крошка, древесные опилки, пемза, торф, торфяной мох и тому

подобное Технология применения заключается в распылении их на нефтяную пленку.

- химические, удаление нефти с помощью химических соединений – детергентов – нашло применение при разливах нефти на море. К детергентам относятся растворители и ПАВ, способствующие образованию эмульсий.

- биологические. Это перспективное направление предотвращения загрязнения водоемов нефтепродуктами. Для некоторых бактерий нефть является питательной средой. Микробиологическая активность в большей степени зависит от температуры: скорость микробиологических процессов удваивается при увеличении температуры на 10 °С» [1].

Нефть и нефтепродукты с поверхности воды собирается механическим способом. По общему мнению, механический способ является наиболее рациональным при удалении нефтепродуктов с поверхности не только водоёмов, но и водотоков. По мере накопления опыта проведения операций по ликвидации аварийных нефтяных разливов к техническим средствам и технологиям предъявлялись все новые и новые требования. Поэтому, уже давно сложилась тенденция создания узко специализированных средств с конкретным целевым назначением применительно к условиям, в которых приходится собирать разлитую нефть.

Механический сбор и откачка нефти и нефтепродуктов производится нефтесборными устройствами или напрямую насосами из естественных или искусственных углублений земной поверхности, скважин, колодцев или траншейных (нефтеловушек). Наиболее эффективен этот способ для удаления растворенных легких углеводородов.

Для очистки поверхности водоемов от нефти и нефтепродуктов применяются устройства типа «Циклон». Они работают на принципе центробежной сепарации и не имеют движущихся деталей. Простота конструкции и эксплуатации, а также высокая, по мнению авторов, эффективность аппарата типа «Циклон» сделали его надежным орудием для очистки водной поверхности от разлившейся нефти и нефтепродуктов.

Таким образом, существуют несколько конкретных установок, работавших непосредственно на удаление отходов нефтедобычи и разливов нефти.

Обязательным условием эксплуатации установок и сооружений, связанных с разведкой, добычей, транспортировкой и использованием нефти и нефтепродуктов, является наличие заранее предусмотренных мер и средств предупреждения и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

### **Список литературы**

1. Бузмаков С.А. Основные подходы в определении качества окружающей среды / С.А. Бузмаков, Г.А. Воронов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 2-2. – С. 587–590.

2. Ветошкин А.Г. Основы инженерной экологии: учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 332 с.

3. Ефремкин И.М. Обеспечение экологической безопасности при бурении скважин на месторождении «Приразломное» путем закачки отходов бурения в

поглощающий пласт / И.М. Ефремкин, М.А. Rogozin // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2013. – № 2. – С. 40-43.

4. Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности учебник. Изд.15 – е, испр. и доп. / Н.Г. Занько. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 696 с.: ил.

5. Лавыгина О.Л. Экологические аспекты при строительстве линейных объектов / О.Л. Лавыгина // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 12.

## **КАРТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ В ПОЧВАХ Г. ТУЛЫ**

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

***Аннотация.** В статье проведена оценка содержания соединений меди в урбаногемах г. Тулы, с дальнейшей интерпретацией данных путем картирования концентрации меди в почвах. Рассмотрены вопросы токсичности значимого тяжелого металла. Методом атомно-адсорбционного анализа изучено содержание меди в урбаногемах города Тулы. Выявлена существенная степень загрязнения почвы медью в ряде проб.*

Тула (как оружейная столица) получает металлы и работает с ними. На территории города расположены два крупных металлургических предприятия. Тулачермет и Косогорский металлургический завод имманентно загрязняют атмосферу и почвы города, в том числе и соединениями меди.

Медь является важнейшим жизненно необходимым микроэлементом для растений, поскольку он участвует в регуляции многих биохимических процессов в организме, обеспечивая основные физиологические функции. Наряду с марганцем она участвует в окислительно-восстановительных процессах: повышает интенсивность фотосинтеза и образования хлорофилла, способствует активизации углеводного и азотного обмена. Достаточное количество меди в аграрных культурах улучшает сопротивляемость растений грибковым и бактериальным заболеваниям, увеличивает показатели засухо- и морозостойчивости, а также стойкости к полеганию [1].

Вместе с тем, соединения меди в дозах, превышающих референтные значения, являются сильными ядами [2].

В этой связи целью данной работы явилось определение содержания соединений меди в урбаногемах г. Тулы, визуализация полученных данных путем построения карт загрязнения, рассмотрение вопросов токсичности значимого тяжелого металла.

Для проведения исследований были отобраны пробы почвы на некоторых площадках города Тулы (таблица 1). Карта расположения мест отбора проб построена в ГИС «Surfer» и представлена на рисунке 1.

Таблица 1  
Наименования мест отбора проб почвы

Номера проб	Наименование места отбора проб почвы
1	Центр парка им. Белоусова
2	Ул. Седова на пересечении с ул. Оружейная
3	Ул. 9 мая на пересечении с проспектом Ленина
4	Ул. Осташева на пересечении с ул. Замочная
5	Ул. Станиславского на пересечении с проспектом Ленина
6	Менделеевский поселок
7	Ул. Рязанская
8	Мясново
9	Ул. Жукова
10	Косая Гора № 1
11	Косая Гора № 2
12	Педагогический университет №1
13	Педагогический университет №2
14	Ул. Кирова на пересечении с ул. Ложевая
15	Щегловский монастырь
16	Ул. Кутузова на пересечении с ул. Шухова – 10 м от дороги
17	Ул. Кутузова – 1 м от дороги
18	Ул. Калинина
19	Ул. Ложевая на пересечении с ул. Калинина

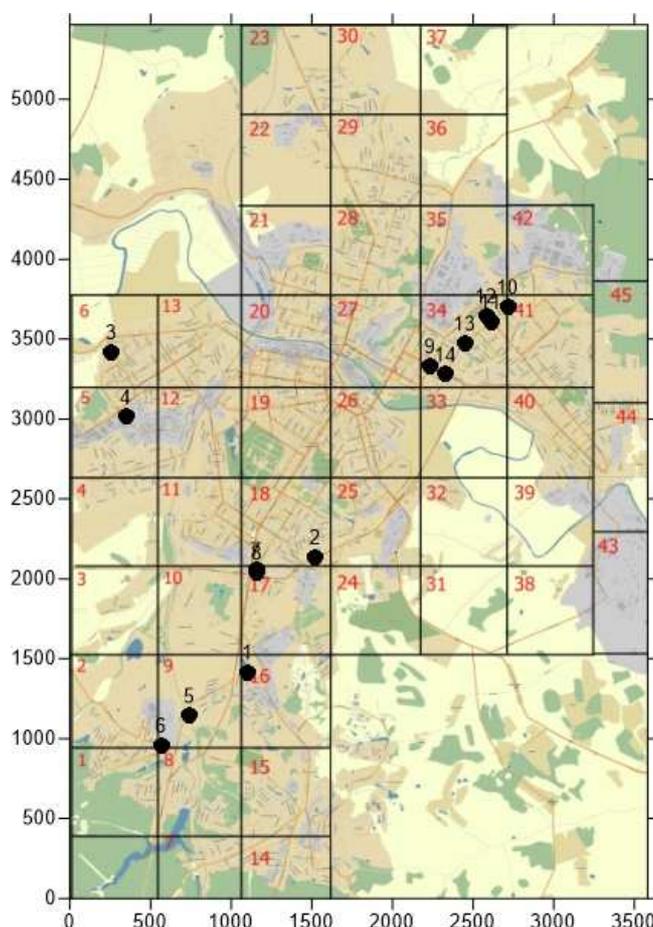


Рис. 1. Карта расположения мест отбора проб почвы в г. Тула

Результаты атомно-абсорбционных исследований количественного содержания соединений меди в почве представлены в таблице 2. Номера проб (строки в таблице 2) соответствуют местам отбора проб в таблице 1. Определено превышение величины ПДК меди в почве в исследуемых образцах.

Таблица 2

Уровень превышения ПДК Cu в исследуемых почвах

Номер пробы п/п	Содержание соединений Cu (мг/кг почвы) (35)	Превышение ПДК Cu (35) (число раз)
1	29,3	0,84
2	12,0	0,34
3	42,5	1,21
4	40,4	1,15
5	29,8	0,85
6	11	0,31
7	77,5	2,21
8	43	1,23
9	59	1,69
10	17,5	0,5
11	19	0,54
12	59	1,69
13	26	0,74
14	43	0,86
15	65	1,86
16	24	0,69
17	25	0,71
18	29,8	0,85
19	24,7	0,71

Так как количество экспериментальных точек достаточно ограничено и распределено неравномерно, то при проведении пространственно-корреляционного анализа различных параметров возникает вопрос выбора математического метода интерполяции для обработки исходных данных и достоверного отображения исходной информации и результатов обработки. Выбор пакета ГИС «Surfer» обусловлен тем, что он позволяет использовать 12 методов интерполяции для обработки разрозненных данных и их визуализации. По результатам интерполирования для дальнейшего построения и исследования использован метод *Krige (Kriging)*.

На рис. 2 представлены карты-схемы распределения превышения норм ПДК концентраций меди в почве на территории г. Тулы, построенные в программе Surfer с применением метода *Krige (Kriging)*.

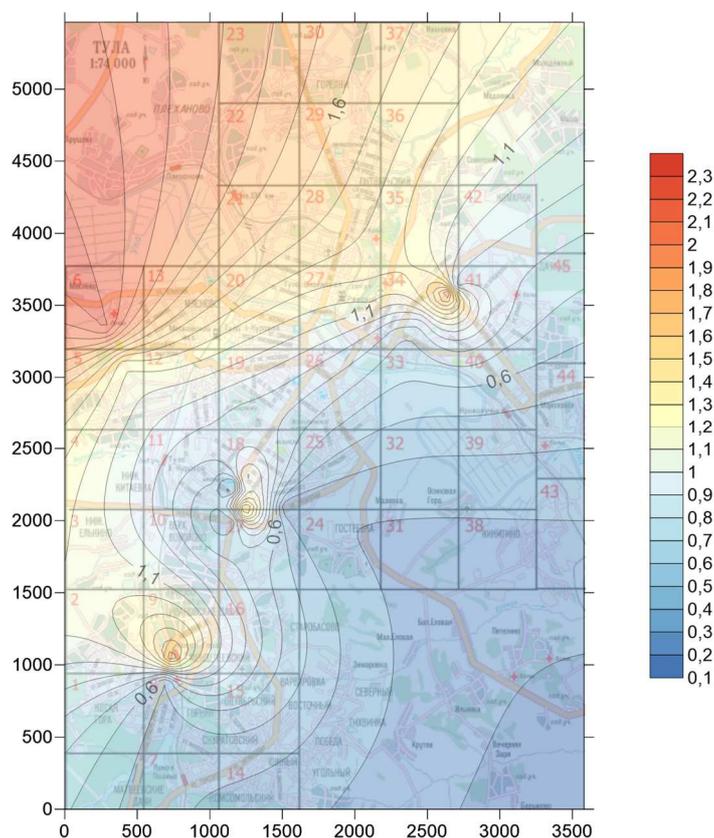


Рис. 2. Превышение концентраций меди на территории г.Тулы, доля ПДК

Анализ данных загрязнения территорий города Тулы с использованием визуализации тематическими картами показывает, что ряд проб почвы имеет превышение содержания соединений меди. Проведенная оценка характеризуется существенной степенью загрязнения почвы г. Тулы и носит неоднородный характер.

### Список литературы

1. Казьмин В.М. Динамика содержания гумуса в почвах Орловской области / В.М. Казьмин // *Плодородие*. – 2002. – №1. – С. 10-11.
2. Дабахов М.В. Экотоксикология и проблемы нормирования / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
3. Черных Н.А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере: Монография / Н.А. Черных, С.Н. Сидоренко. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.

## ПОСЛЕДСТВИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Г.Р. Минегулова, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Нефтегазовая промышленность является одним из крупных источников загрязнения окружающей среды. В статье рассмотрены последствия поступления нефтесодержащих отходов для окружающей среды, в частности на почву и растительные покровы. Отрицательное воздействие нефтяных загрязнений на почву часто принимает необратимый характер вследствие обедненности биоценоза и адсорбцией токсичных и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, трудно поддающихся микробиологическому разложению. К угнетению и гибели растений приводят даже невысокие концентрации нефти и нефтепродуктов в почве.

Опасность накопления нефтесодержащих отходов определяется не только количеством их содержания в буровом шламе, но и технологией их утилизации. Глубина проникновения нефти зависит от множества факторов: механического состава и дренированности почв, степени их нарушенности (естественные почвы, насыпные грунты), уровня грунтовых вод в момент разлива и амплитуды колебания его в течение года, объема выброса, интенсивности разлива и количества несобранной нефти, уровня обводненности нефти, сезона и давности разлива, уклона местности выраженности микрорельефа, эффективности мероприятий, применявшихся для сбора нефти и др. [1].

Сухие пески и супеси сравнительно легко поглощают нефть и промачиваются достаточно глубоко. При искусственном нанесении нефти в дозах 10 и 20 л/м<sup>2</sup> глубина проникновения составила соответственно 8-10 и 13-15 см. С увеличением дозы до 50 л/м<sup>2</sup> глубина замазучивания возрастает до 50-100 см. Распределение по профилю довольно равномерное. Растекание нефти по территории имеет ручейковый характер. Формируется мозаичная структура разлива с более глубоким загрязнением западин и менее замазученными повышенными элементами рельефа [2].

В ненарушенных свежих и влажных суглинистых почвах нефть просачивается вглубь в основном по старым корневым ходам и трещинам, нижняя граница весьма условна. На дренированных участках она встречается в количествах 0,5-1 % на глубине 20-40 см. Коэффициент вариации глубины проникновения колеблется в пределах 20-40 %, достигая на отдельных участках 60-80 %. Распределение нефти в почвенном профиле неравномерное. Основное ее количество (50-80 %) сосредоточено в лесной подстилке, на границе подстилки с минеральным горизонтом, в верхнем структурном минеральном слое; 90 % запас сосредоточен в 15 сантиметровом слое. Глубже наблюдается резкое снижение концентрации нефти [3].

Состав нефтесодержащих отходов приведен в таблице.

### Состав нефтесодержащих отходов

Показатели	Нефтяные отходы	
	Нефтешлам	Загрязненный нефтью грунт
Плотность кг/м <sup>3</sup>	1260	1665
Компонентный состав, масс. %:	81,8	23,6
Органическая часть	10,2	1,2
Вода		
Минеральная часть	8,0	75,2
Температура застывания	+40	+36

В переувлажненных торфянисто – глеевых почвах самая высокая концентрация остаточного нефтепродукта наблюдается в верхнем пятисантиметровом слое, но наибольшее содержание нефти отмечается на границе между торфяным и минеральным слоем, на глубине 8-17 см [1].

Попадая в почву, нефть претерпевает количественные и качественные изменения за счет испарения, вымывания, ультрафиолетового разложения и микробиологического окисления. На участках дозированного загрязнения по прошествии двух лет практически полностью исчезают фракции с температурой кипения ниже 2000 °С, остаточные массы загрязнителя составили в среднем 38 %, трех лет – 30 %, и четырех – 24 % от внесенного количества [4].

Под действием нефти меняется морфология почв. Происходит их обеструктурирование вследствие склеивания структурных отдельностей. Меняется характер границ между горизонтами, заметно увеличивается вязкость и плотность почвенной массы [2].

Заполнение нефтью порового пространства, трещин и воздушных полостей внутри почвенного профиля сопровождается вытеснением воздуха. Все это, а также образование плотной битумной пленки на поверхности, создает неблагоприятный водно-воздушный режим. Почва становится гидрофобной, а при сильном загрязнении – водонепроницаемой. Почва теряет водоподъемную способность и резко снижается ее влагоемкость.

В условиях резкого ограничения аэрации по всему почвенному профилю формируются восстановительные условия, развивается процесс оглеения. В этих условиях увеличивается число анаэробных бактерий и усиливается микробиологическая сульфат – редукция, в результате чего в почву поступает весьма токсичный сероводород. Почвы в верхних горизонтах приобретают смолисто – черные цвета, которые в нижних горизонтах сменяются коричнево – серыми, сизо – коричневыми и сизо – серыми.

Формирование восстановительных условий также связано с увеличением количества органического вещества в масляном компоненте, при разложении которого расходуется кислород [2].

Загрязнение нефтью изменяет теплоизоляционные свойства растительного покрова и влияет на тепловую систему почвы.

Под воздействием нефтепродуктов почвенно-абсорбционный комплекс восстанавливается, изменяя емкость и состав абсорбированной основы. Преобладание хлоридно-натриевого состава минерализованной пластовой воды, сопутствующей нефти, определяет преимущественное поступление Na в почвенно-абсорбционный комплекс и развитие процесса ощелачивания в почве.

Преобразование почвенного абсорбционного комплекса и состава почвенного раствора провоцирует изменение щелочно-кислых условий (как правило, с понижением кислотности). Сила процесса изначально определяется основными свойствами грунта с ненасыщенными почвенноабсорбционными комплексами.

Изменится миграционная активность, тип миграции и уровень концентрации элементов.

Одним из серьезных негативных последствий загрязнения является ухудшение питательного режима почв, прежде всего, обеспеченности их биогенными химическими элементами, из которых основными являются азот, калий и фосфор. Нефтяное загрязнение вызывает резкое увеличение содержания углерода в почве. При этом содержание общего азота меняется незначительно. В загрязненной почве соотношение C: N может достигать 400-420 по сравнению с 17 для не загрязненных почв. Избыточный углерод тормозит процесс аммонификации, в результате которого в почве накапливается аммонийный азот, доступный растениям. Нефтяное загрязнение вызывает резкое снижение содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия [5].

Под влиянием нефтяных углеводородов, в основном ароматических углеводородов, активность ферментов в почве быстро подавляется.

Загрязнение нефтью изменяет микробную активность почвы. Происходит изменение структуры микробного комплекса почвы с уменьшением общего разнообразия. Прежде всего, увеличивается количество и активность углеводородокисляющих микроорганизмов.

По мере микробиологического разрушения нефти в почве, также могут происходить нежелательные изменения ее состава и свойств. При частичном разрушении нефти, под воздействием полисахаридов микробного происхождения часть разлитой нефти диспергируется в почвенном растворе, что приводит к повышению подвижности тяжелых углеводородов и повышению степени их отрицательного воздействия на живые организмы. Фитотоксичность нефти, при этом может возрастать и вследствие накопления токсичных промежуточных продуктов распада – жирных кислот и терпеноидов, обладающих фитотоксичностью [5].

По мере микробиологического распада нефти, в почве накапливаются содержащиеся в нефти в виде комплексных и металлоорганических соединений весьма токсичные тяжелые металлы – Ni, Va, Mn, Cu, Pb, Cr, и Zn, которые могут выщелачиваться в грунтовые воды из почвы при понижении pH при накоплении жирных кислот и, впоследствии, накапливаться в растительной продукции. При этом из почвы выщелачивается медь, остающаяся в почве в виде комплексных соединений с гуминовыми кислотами.

Длительное время сохраняются в почве и содержащиеся в нефти канцерогенные вещества бенз(а)пиренового ряда, трудно поддающиеся микробиологическому разложению, которые впоследствии смогут накапливаться в растительности.

Нефтяное загрязнение почв может вызвать повышение радиоактивного фона местности, вследствие наличия в нефти металлоорганических комплексов, содержащих уран. Общий радиоактивный фон на нефтяных разливах Среднего Приобья превышает контрольный уровень на 20-30 %.

В процессе микробиологического разрушения нефти, микроорганизмы, разрушающие нефть, вступают в конкурентные отношения с выжившими почвенными организмами и растительностью в борьбе за кислород, подвижные фосфор и азот, что еще ухудшает состояние выживших растений.

По мере микробиологического разложения нефти, структура и физико-химические показатели почв, постепенно возвращаются к исходному состоянию. Возвращается и бывшее плодородие. При достижении содержания в почве остаточной нефти менее 1 % может наблюдаться стимулирование роста растений, что может объясняться действием содержащихся в нефти веществ, действующих наподобие гормонов роста. Более того, продуктивность почв может превысить исходный уровень за счет обогащения почвы органикой и связанным азотом вследствие биоразложения нефти.

Тем не менее, накопление в очистившейся почве токсичных и канцерогенных веществ, тяжелых металлов и радионуклидов делает такую почву опасной для выращивания сельскохозяйственных культур и сбора дикорастущих полезных растений и грибов [5].

Таким образом, аварийные выбросы нефти загрязняют почвенный покров, нарушая его структуру и свойства почвы, ухудшают условия жизни растений и животных. В результате структурно – функциональных изменений экосистем нарушается соотношение составляющих их компонентов, уменьшается видовое разнообразие, повышается чувствительность организмов к неблагоприятным воздействиям, возникают необратимые изменения природной среды.

Результаты исследования почв, загрязненных нефтью, дают основания заключить, что характер и степень загрязнения зависят от природноклиматических условий формирования почв, их физико-химических и биологических свойств, и от состава нефти. Нефть оказывает ингибирующее влияние на рост и развитие растений, которое, видимо, обусловлено нарушением экологической обстановки (изменением воздушного, гидротермического режима, агрохимических свойств, связыванием нефтью биогенных элементов – азота, фосфора и так далее), прямым воздействием содержащихся в нефти нафтеновых кислот и других токсических углеводородов.

Полное расщепление углеводородов в почве до  $H_2O$  и  $CO_2$  возможно лишь при участии целого комплекса микроорганизмов. Под влиянием нефти происходит изменение реакции среды, резко увеличивается количество углеродистых соединений, усиливаются восстановительные процессы. В загрязненных нефтью почвах снижается емкость поглощения, уменьшается доступность для растений фосфора и калия.

В биологический круговорот включаются новые, чуждые для природных систем вещества, в том числе и канцерогенные. Последние по системе «почва – растение – человек» мигрируют в организм человека и представляют чрезвычайную опасность для его здоровья. Отрицательное воздействие нефтяных загрязнений на почву часто принимает необратимый характер вследствие обедненности биоценоза и адсорбцией токсичных и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, в частности, 3,4 бенз(а)пирен, трудно поддающегося микробиологическому разложению.

Таким образом, к угнетению и гибели растений приводят даже невысокие концентрации нефти и нефтепродуктов в почве.

### Список литературы

1. Правила охраны вод от загрязнения при бурении скважин на морских нефтегазовых месторождениях [Электронный ресурс]: РД 153 – 39 – 031 – 98. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200056059> (дата обращения: 11.02.2022).

2. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Основные положения. [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52108 – 2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032450> (дата обращения: 11.02.2022).

3. Сайт ООО «Азнакаев». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.rosneft.ru>. (дата обращения: 11.02.2022).

4. Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: актуальные проблемы, тенденции, перспективы. Научно – аналитический доклад / под науч. ред. д.э.н, проф. В.С. Селина, д.э.н., проф. ТОМУ ПОДОБНОЕ Скуфьиной, к.э.н., доц. Е.П. Башмаковой, к.э.н., доц. Е.Е. Торопушиной. – Апатиты: КНЦ РАН, 2016. – 420 с.

5. Третьякова М.О. Проблема обращения с буровыми шламами при использовании углеводородных буровых растворов / М.О. Третьякова, А.И. Агошков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 4. – С. 6-24.

## ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ МОРСКИМИ И РЕЧНЫМИ СУДАМИ

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

*Аннотация.* В статье представлены три общих подхода при разработке инвентаризации углеродного следа: подход, основанный на оценке активности / деятельности, суррогатный и гибридный подходы. Инвентаризации, основанные на деятельности, обеспечивают наивысший уровень точности, а точность гибридных подходов повышается за счет более высоких уровней уточнения данных о деятельности.

При разработке инвентаризации углеродного следа используются три общих подхода. Инвентаризации, основанные на деятельности, обеспечивают наивысший уровень точности, а точность гибридных подходов повышается за счет более высоких уровней уточнения данных о деятельности [1].

### **Подход, основанный на оценке активности / деятельности**

Этот подход наиболее точно моделирует фактические операции в портах; использует конкретные данные об источнике, такие как фактическая мощность двигателя, фактическое потребление энергии, фактическое потребление топлива и т.д.; использует данные о конкретных характеристиках оборудования, такие как наработка в мото-часах, данные коэффициента нагрузки, данные расхода топлива, данные о заходах судна, модальные данные о потреблении энергии / расхода топлива и т.д.; использует либо исходные данные по выбросам, либо коэффициенты выбросов для категорий источников / типов оборудования; преобразует показатели потребления энергии, обычно выраженные как потребление энергии или топлива, в оценки выбросов вредных веществ; требует значительного времени для проведения первой инвентаризации, до года или дольше; может обеспечить отслеживание прогресса стратегии сокращения выбросов.

Выбросы обычно оцениваются с использованием следующего уравнения:

$$G = E * K_v,$$

где  $G$  – выбросы, выраженные в тоннах или метрических тоннах;  $E$  – потребление энергии или топлива – это комбинация источников и данных о деятельности, л.с.-час, кВт-час или МВт-час (энергия) или галлоны или кг (расход топлива);  $K_v$  – коэффициент выбросов представляет собой характеристики выбросов, изменяющиеся по типам источников на единицу потребления энергии; Обычно выражается в граммах / л.с.-час, граммах / кВт-час или граммах / МВт-час; или, для расхода топлива, фунт / галлон или г / кг.

### **Суррогатный подход**

Этот подход использует «связанные» данные или сурогаты для замены исходных данных, данных о деятельности, потребления энергии и / или выбросов на условную единицу активности;

Обычно такой подход менее точен, чем подход на основе активности, что может быть значительным в зависимости от используемого суррогатного способа;

Использует суррогатные данные для источников и / или данных о деятельности или же суррогатные данные для выбросов. Эти суррогатные данные обычно разрабатываются из опубликованных исследований, документов или других портовых реестров;

Точность зависит от того, насколько близко суррогатные данные соответствуют фактическим операциям;

Требует относительно мало времени для проведения;

Как правило, не может обеспечить отслеживание прогресс стратегии сокращения выбросов [11].

Выбросы обычно оцениваются по следующим уравнениям:

$$G = A * S_v/A$$

или

$$G = S_{\text{пэ}} * K_{\text{в}},$$

где  $G$  – выбросы, выраженные в тоннах или метрических тоннах;  $A$  – активность – моделирование связанных с портом операций: судовые заходы, количество активного погрузочно-разгрузочного оборудования, закупленное топливо, служащие, зарегистрированные суда, грузооборот и т.д.;  $S_{\text{в}}/A$  – выбросы, выведенные из опубликованных исследований или инвентаризации и т.д. связанные с активностью: судовые заходы, количество активного погрузочно-разгрузочного оборудования, закупленное топливо, служащие, зарегистрированные суда, грузооборот и т.д.;  $S_{\text{пэ}}$  – суррогатное потребление энергии, основанное на опубликованных исследованиях, документах, инвентаризации по типу оборудования, строительным площадям, типам судов и т.д.

### **Гибридный подход**

В этом подходе используются различные комбинации как инвентаризаций, основанных на активности, так и суррогатных данных, в зависимости от доступности данных, суррогатов, временных ограничений и т.д.;

Точность подхода зависит от того, какие источники оцениваются с использованием суррогатов и как близко эти суррогаты соответствуют фактическим операциям;

Может сократить время, необходимое для проведения инвентаризации;

Потенциально может обеспечить отслеживание прогресса стратегии сокращения выбросов, особенно если компоненты, основанные на активности и суррогатных данных, дифференцированы, поэтому порт может воспользоваться преимуществами детальных данных, доступных в компонентах, основанных на активности;

Компоненты инвентаризации, которые разрабатываются с использованием суррогатов, могут потенциально быть «обновлены», чтобы использовать конкретную информацию о деятельности, если эта информация становится доступной [2].

Схема данного подхода дает обзорную диаграмму некоторых ключевых элементов при планировании и разработке инвентаризации выбросов парниковых газов. Эта диаграмма объединяет многие темы, представленные в предыдущих параграфах, включая решения, которые участвуют в выборе методов и уровней детализации.

### **Список литературы**

1. Измерение углеродного следа для портов. Руководящий документ. Июнь 2010 года. *Carbon Footprint Working Group World Ports Climate Initiative Port of Los Angeles/ Lead Port*

2. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС), утвержденные приказом федерального автономного учреждения «Российский Речной Регистр» от 12.10.2015 № 38-п.

# СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СУДОВ

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

*Аннотация.* В статье описываются подходы к снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в транспортной логистике морских и речных судов, границы для отчетности по выбросам для источников, основы инвентаризации углеродного следа (выбросов парниковых газов), представлены три элемента данных, которые имеют решающее значение для разработки инвентаризации углеродного следа или инвентаризации выбросов других загрязняющих веществ.

При разработке методов снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в транспортной логистике морских и речных судов учитываются границы, которые могут быть источником значительных различий в контроле за углеродным следом. Географические границы для каждого порта различны из-за географического положения порта, инициаторов контроля углеродного следа, и доменов для категорий источников, включенных в перечень.

Границы для отчетности по выбросам для источников могут меняться в зависимости от того, находятся ли источники под контролем владельца земли, сдающего землю в аренду, или же портового оператора. Например, выбросы от грузовых автомобилей под оперативным управлением порта будут включать в себя всю их деятельность, в тоже время грузовики, находящиеся под контролем под контролем арендатора, который арендует землю у арендодателя, могут быть отслежены (применительно выбросов) только до границы порта или первой точки выгрузки / загрузки.

После разработки инвентаризации по контролю углеродного следа (за выбросами парниковых газов), является принятие мер, чтобы уменьшить размер углеродного следа. Зная это наперед, это может повлиять на выбор «базового года», по сравнению с которым можно будет проводить измерения степень снижения выбросов. Контрольным годом может быть любое время в прошлом, от самого последнего завершенного календарного года и до любого времени в прошлом. Некоторые протоколы отчетности указывают базовый год в качестве цели для будущих сокращений выбросов (например, для снижения выбросов до уровня, полученного в течение определенного года в прошлом, например, в течение 1990). Выбросы в выбранном году должны быть известны, чтобы знать целевой уровень выбросов, от которого и будем отталкиваться в последствии [1].

Если прошлые сокращения выбросов могут быть задокументированы, то это может быть полезно выбрать базовый год, который был до того, как эти сокращения выбросов имели место, – это позволит более ясно отследить прогресс уменьшения выбросов. Более близкий по временной шкале базовый год, однако, как правило, легче документировать, так как записи более легкодоступны.

Период времени (например, год), который охватывает инвентарь, может быть значительным источником различий между инвентарями, поскольку ежегодные изменения в выбросах и деятельности значительно затрудняют прямое сравнение. Объемы грузов изменяются, суда и оборудование флотов обновляются, новые стратегии управления могут быть реализованы, и все из перечисленного воздействует на инвентарь по-разному. По этим причинам каждый следует отмечать уровень выбросов до проведения сравнений.

Многочисленные решения и предположения должны быть сделаны при разработке инвентаризации углеродного следа (выбросов парниковых газов). Одной из первых реакций на опубликованную инвентаризацию, является ее сравнение с недавно изданными аналогичными инвентаризациями для других портов, для того, чтобы оценить, как ваш порт работает в сравнении с другими. Тем не менее, из-за многих переменных, участвующих в процессе, простое сравнение по типу «яблоко-к-яблоку» обычно не может быть сделано без изменения одного или обоих инвентарных реестров, которые участвуют в сравнении, чтобы привести их к «общему знаменателю» (то есть, данные инвентаризации должны быть нормализованы для учета размера порта, уровня пропускной способности, и т.д.). В качестве простого примера, чтобы сравнить порт с пропускной способностью по контейнерам в 2,5 млн. двадцатифутовых эквивалентных единиц (ДФЭ) в год и ежегодным выбросом парниковых газов в 80000 тонн с большим портом, имеющим пропускную способность по контейнерам в 5 млн. ДФЭ в год и годовые выбросы парниковых газов в 150000 тонн, необходимо нормализовать выбросы в тоннах на миллион ДФЭ.

Меньший порт имеет следующую «эффективность» выбросов:

80000 тонн / 2,5 млн. ДФЭ = 32000 тонн / млн. ДФЭ

Расчет «эффективности» большего порта показывает:

150000 тонн / 5 млн. ДФЭ = 30000 тонн / млн. ДФЭ

Большой порт выбрасывает в атмосферу больше парниковых газов в целом, но при их нормализации с точки зрения выбросов в расчете на единицу объема грузов, большой порт показывает большую эффективность по выбросам парниковых газов.

Несколько ключевых элементов должны быть приняты во внимание перед сравнением выбросов углекислого газа между двумя портами или между несколькими портами соответствующим образом [2]. Эти элементы включают в себя:

- географические границы;
- дата (период времени) инвентаризации (оценки);
- применяемые методы / подходы;
- уровень точности данных и качество использованных данных;
- тип порта (арендодатель в сравнении с оператором)
- категории источников, включенные в областях 1, 2, и 3;
- единицы измерения.

Три элемента данных имеют решающее значение для разработки инвентаризации углеродного следа или инвентаризации выбросов других

загрязняющих веществ (например, NO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, РМ и т.д.). Этими элементами являются:

Исходные данные – этот элемент подробно описывает характеристики источников выбросов, которые включают в себя размер или рейтинг двигателя или энергоустановки (обычно выражается в киловаттах (кВт) или мегаваттах (МВт), тип потребляемого топлива, информация о технологиях двигателя (2-тактный, 4-тактный, оснащенный турбо-наддувом и т.д.), возраст двигателя, производителя, модель и т.д.

Данные о деятельности – этот элемент подробно описывает, как источник работает в течении какого-то периода времени и как изменяется мощность двигателя и / или расход топлива в зависимости от режима работы, расстояния, преодоленного на скорости, уровни производства электроэнергии и т.д.

Данные испытаний на выбросы или Фактор выбросов – этот элемент предоставляет средства для преобразования оценок выработки энергии или расхода топлива в уровни выбросов загрязняющих веществ, которые должны быть смоделированы.

При рассмотрении инвентаризации углеродного следа наличие этих трех элементов данных влияет на выбор подхода, который необходимо принять при проведении инвентаризации. Особое внимание должно быть уделено желаемой точности, запланированной цели инвентаризации и требуемому сроку или ограничениям. Все эти факторы будут способствовать принятию решений, связанных с процессом инвентаризации выбросов [3].

### Список литературы

1. Измерение углеродного следа для портов. Руководящий документ. Июнь 2010 года. Carbon Footprint Working Group World Ports Climate Initiative Port of Los Angeles/ Lead Port

2. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/час. М., Московское отделение гидрометеоздата, 1985.

3. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС), утвержденные приказом федерального автономного учреждения «Российский Речной Регистр» от 12.10.2015 № 38-п.

## ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ПОРТОВ

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

*Аннотация.* В статье рассмотрены виды парниковых газов, связанных с деятельностью морских и речных портов, в том числе классифицирующиеся по эффективности воздействия на изменение климата, приведены ключевые элементы данных при разработке инвентаризаций выбросов.

Изменение климата, вызванное деятельностью человека, определено как один из самых значительных вызовов, обращенных к странам, правительствам, бизнесу и отдельным гражданам, с масштабными последствиями как для гуманитарной системы, так и для природной экосистемы. В ответ развиваются и реализуются международные, региональные, национальные и местные инициативы по ограничению концентрации парникового газа (ПГ) в атмосфере Земли. Такие инициативы по ПГ опираются на оценку, мониторинг, оповещение и проверку выбросов и/или исключения выбросов ПГ [1].

Многочисленные газы были определены как такие, что имеют потенциал для содействия глобальному изменению климата. Самыми распространенными парниковыми газами, связанными с деятельностью портов, являются следующие газы, которые загрязняют окружающую среду, а их образование связано со сгоранием: двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Руководящие принципы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) также содержат список следующих соединений: гидрофторуглероды (GFCX), перфторуглероды (PFCX), гексафторид серы ( $\text{SF}_6$ ), трифторид азота ( $\text{NF}_3$ ), пентафторидтрифторметильной серы ( $\text{SF}_5\text{CF}_3$ ), галогенированные простые эфиры, другие галогенуглероды, не охватываемые Монреальским протоколом, включая  $\text{CF}_3\text{I}$ ,  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CH}_5\text{Cl}_3\text{CH}_3\text{C}_{12}$ .

$\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$  на сегодняшний день являются наиболее значимыми газами для инвентаризации выбросов портов. Они образуются при сжигании ископаемого топлива или топлива, полученного из биомассы. Важно отметить, что выбросы от сжигания биомассы должны учитываться отдельно от выбросов от горения ископаемого топлива, поскольку они имеют другое место в глобальном углеродном цикле и документируются отдельно. В выбросах парниковых газов от сжигания топлива преобладает фракция  $\text{CO}_2$ , поскольку практически все виды топлива состоят в основном из углерода, тогда как соединения  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$  образуются как незначительные побочные продукты сгорания.  $\text{CO}_2$  обычно составляет более 99% выбросов парниковых газов, связанных со сжиганием [2].

Гидрофторуглероды могут выделяться в небольших количествах от утечек в холодильном оборудовании, таком как кондиционеры, используемые для комфортного охлаждения в зданиях или в холодильных контейнерах (рефрижераторах). Оставшиеся парниковые газы в основном выпускаются в ходе конкретных видов промышленной деятельности, которые обычно не входят в портовые операции.

Отдельные виды парниковых газов различаются с точки зрения их эффективности воздействия на изменение климата. Согласно конвенции, газы оцениваются по сравнению с эффективностью  $\text{CO}_2$ , поэтому их можно сравнивать. Каждому газу присвоен номер эквивалента  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2\text{E}$ ), известный как его потенциал глобального потепления (ПГП), причем такой потенциал для  $\text{CO}_2$  равен 1.

Источники выбросов парниковых газов в портах в целом подразделяются на две категории: мобильные источники и стационарные источники. Мобильные источники обычно включают в себя оборудование для погрузочно-разгрузочных

работ, которое не предназначено для работы на дорогах общего пользования, транспортные средства, которые перемещают товары по дорогам общего пользования, небольшие дорожные транспортные средства, которые перевозят людей (такие как автомобили и микроавтобусы), железнодорожные локомотивы и суда. К стационарным источникам относятся отопительные агрегаты, работающие на топливе, переносные или аварийные генераторы, электропотребляющее оборудование и здания, а также холодильное / охлаждающее оборудование. В категориях, которые могут считаться исключительно мобильными или стационарными, может быть некоторое перекрытие, например, ситуация с фиксированными кранами (которые относятся к категории оборудования для погрузочно-разгрузочных работ), которые могут приводиться в действие двигателями внутреннего сгорания, или же ситуация с мобильными вилочными погрузчиками с электроприводом.

Ключевыми элементами данных при разработке подробных инвентаризаций выбросов являются исходные данные, в том числе число, размер и возраст источников; данные о деятельности, такие как часы работы, расстояние, средняя загрузка и расход топлива; и коэффициенты выбросов (т.е. масса выбрасываемого загрязняющего вещества на единицу топлива или энергии). Исходные данные должны быть получены от владельца или оператора источника (источников) выбросов, поскольку они являются специфичными для объекта или выполняемых действий. Некоторые данные о деятельности, такие как годовые часы работы, могут быть получены от владельца или оператора. Другие виды информации о деятельности, включая, например, средние коэффициенты нагрузки для различных типов оборудования, могут быть получены из опубликованных источников, таких как документация, опубликованная Агентством по охране окружающей среды США (EPA) для модели оценки выбросов недорожного оборудования.

Коэффициенты выбросов также могут быть получены из опубликованных источников, наиболее подходящих для парниковых газов, из протоколов испытаний, включая Протокол по парниковым газам и протокол, выпущенный Климатическим регистром.

### **Список литературы**

1. *Измерение углеродного следа для портов. Руководящий документ. Июнь 2010 года. Carbon Footprint Working Group World Ports Climate Initiative Port of Los Angeles/ Lead Port*

2. *Правила предотвращения загрязнения окружающей среды с судов (ППЗС), утвержденные приказом федерального автономного учреждения «Российский Речной Регистр» от 12.10.2015 № 38-п.*

# МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

## РАЗРАБОТКА ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ ГУБОК НА ОСНОВЕ РЫБНОГО КОЛЛАГЕНА

А.С. Ванина<sup>1</sup>, Е.В. Грехнева<sup>1</sup>, Т.Н. Кудрявцева<sup>1</sup>,  
А.А. Денисов<sup>2</sup>, В.А. Липатов<sup>2</sup>

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

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

*Аннотация.* Использование животного коллагена для создания средств местного гемостаза имеет ряд ограничений. В качестве сырья для разработки гемостатических губок был выбран коллаген глубоководного кальмара. Разработаны оптимальные условия получения губки, для всех образцов исследованы структурные особенности.

В последнее время получили широкое распространение местные гемостатические средства, так как они действуют направленно и могут быть использованы как при повреждении крупных сосудов, так и при диффузном кровотечении. На сегодняшний день среди средств местного гемостаза наибольшей востребованностью пользуются гемостатические губки. Традиционно для их производства используют животный коллаген, так как он входит в группу «стимуляторы агрегации и адгезии». Благодаря капиллярно-пористой структуре коллагеновые препараты ускоряют естественный путь коагуляции и запускают каскад тромбообразования. Однако, есть ряд особенностей, которые затрудняют применение животного коллагена в качестве сырья для материалов медицинского назначения. Как альтернативный источник был выбран коллаген моллюсков. благодаря его улучшенным физико-химическим свойствам, стабильности и биосовместимости.

Для получения стабильной губки на основе коллагена из кожи моллюсков, предоставленного компанией VARSEAS, провели подбор состава композиции: использовали молочную и муравьиную кислоты для набухания полимера, варьировали концентрацию кросс-линкера от 1 до 10 % от массы коллагена. Также оценили влияние концентрации водного раствора коллагена и время выдерживания суспензии (от 4 до 44 ч) с компонентами на органолептические свойства полученных образцов.

Оптимальная вязкость композиции достигается при концентрации полимера в растворе 3 % и добавлении муравьиной кислоты для создания среды с показателем pH 3,5. Для стабилизации конформационных изменений молекул полимера, для придания новых, необходимых свойств получаемых образцов использовали кросс-линкер концентрацией 10 % от массы полимера. Для пластификации полимерной композиции использовали глицерин в количестве 50 % от массы коллагена.

Стабильная, не склонная к сыпучести губка получается при выдерживании раствора коллагена с компонентами в течение 20 ч при комнатной температуре с

момента добавления кислоты для набухания до замораживания. Внешний вид полученного образца представлен на рис.1.



Рис.1. Образец губки на основе коллагена

Полученные растворы переливали в специальные емкости и сушили несколькими способами. Лиофильная сушка позволяет получить более прочную и равномерную структуру без трещин, чем сушка на воздухе с предварительным замораживанием при  $-18^{\circ}\text{C}$ . Полимерные композиции высушивали на лиофильных сушилках SCIENTZ 50, производства Zhejiang (Китай); Alpha 1-2 LD plus, производства MartinChrist (Германия).

Для всех полученных образцов исследованы структурные особенности с помощью сканирующей электронной микроскопии (рис.2).

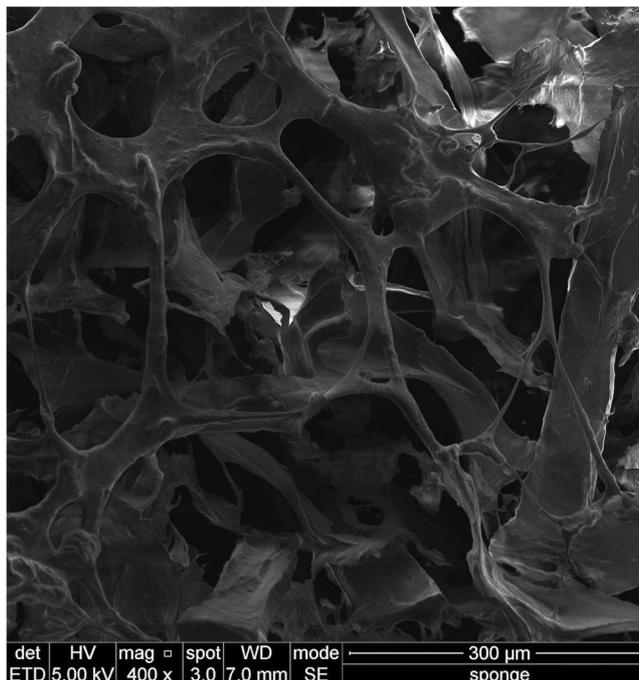


Рис. 2. Общий вид рельефа губки на основе морского коллагена

Для исследования структуры пористых образцов использовали растровый электронный микроскоп FEI Quanta 600 FEG с системой микроанализа EDAX Trident XM 4, ускоряющее напряжение от 0.2 до 30 кВ, ток пучка от 0.1 пА до 2 мкА, разрешение 1.2 нм при ускоряющее напряжении 30 кВ в режиме

высокого вакуума, 1,5 нм при ускоряющем напряжении 30 кВ в режимах низкого и сверхнизкого вакуума, 3 нм при ускоряющем напряжении 3 кВ. Общий вид рельефа образца коллагеновой губки представляет собой волокна белка образующие поры размером 80-200 нм.

## **ОПТИМАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ АСТРОЦИТОВ ПРИ ТРЁХДНЕВНОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ**

Е.А. Васильчикова

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
г. Нижний Новгород

*Аннотация.* В статье описано определение оптимальной концентрации первичных астроцитов для проведения исследований, включающих трёхдневное культивирование.

В последние годы было разработано несколько методов определения жизнеспособности клеток в культуре клеток. Среди этих методов широко используются анализы на основе соли тетразолия для измерения цитотоксичности или клеточной пролиферации.

Принцип МТТ [3-(4,5-диметил-2-тиазолил)-2,5-дифенил-2Н-тетразолия бромид] теста заключается в восстановлении водорастворимой желтой соли тетразолия дегидрогеназной системой метаболически активных/живых клеток. В нерастворимые в воде синие/пурпурные кристаллы формазана. Таким образом, концентрацию растворенных кристаллов формазана можно количественно определить с помощью спектрофотометра, и она находится в прямой зависимости от метаболической активности клеточной культуры. Анализ МТТ представляет собой простой и быстрый колориметрический анализ.

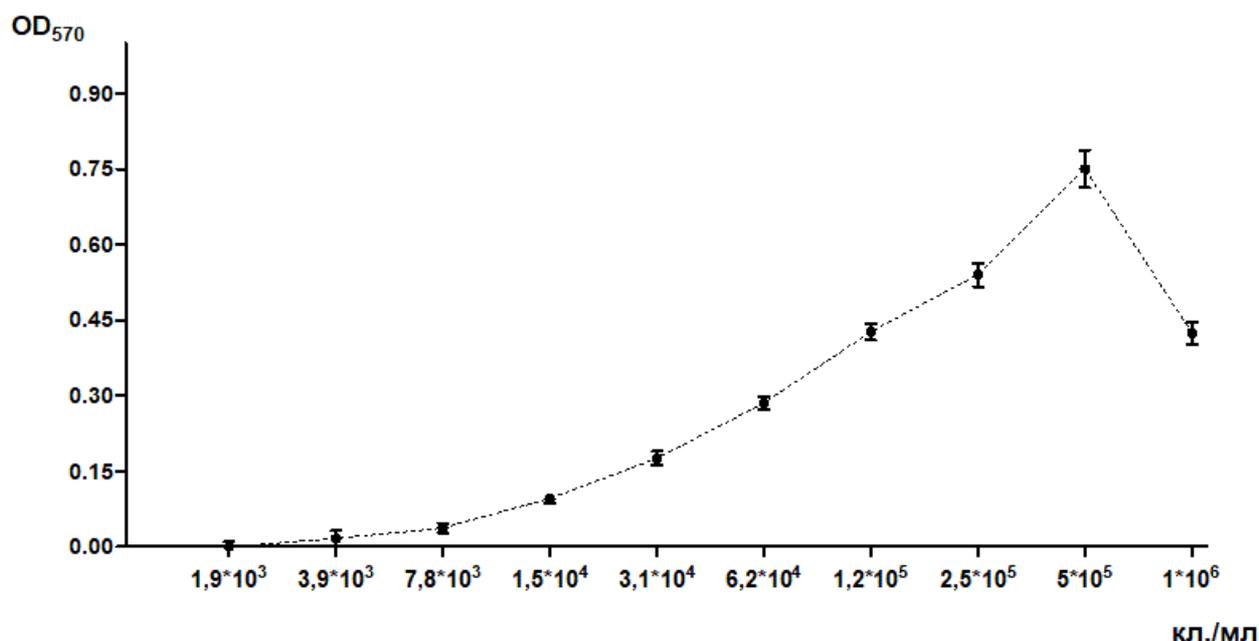
Астроциты являются многочисленным типом клеток в мозге млекопитающих, однако многое еще предстоит узнать об их молекулярных и функциональных характеристиках. Интерес к функции астроцитов резко возрос в последние годы. Ключевой функцией астроцитов является их роль в обеспечении структурной и метаболической поддержки нейронов. Недавно открытые роли астроцитов охватывают широкий спектр функций. Надежность и повторяемость методов выделения и поддержания очищенных популяций клеток имеют важное значение для исследований, направленных на понимание механизмов физиологических и патологических реакций нервной системы. При этом важным параметром при проведении экспериментов *in vitro* является концентрация используемых клеток, подбор оптимального значения которой необходим для стандартизации исследований.

Целью данного исследования явилось определение оптимальной концентрации астроцитов для проведения дальнейших экспериментов, направленных на изучение их роли в физиологических и патологических состояниях нервной системы.

Смешанная изоляция кортикальных клеток для культуры астроцитов была выполнена с использованием мышат от P1 до P4. Ведение кортикальной культуры астроцитов осуществлялась до достижения конfluence монослоя. МТТ-тест был проведен в соответствии с протоколом анализа клеточной пролиферации МТТ (АТСС, США). Клетки были рассеяны в концентрациях  $2 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^6$  кл./мл и культивировались в течение 3-х дней.

Пролиферативную активность астроцитов оценивали по формуле  $N_{CON} - N_{MED}$  для каждой концентрации, где  $N_{CON}$  – оптическая плотность в лунке с определенной концентрацией клеток,  $N_{MED}$  – оптическая плотность среды в лунках без клеток.

Результаты обработаны при помощи GraphPad Prism 5 (рисунок). Согласно рекомендациям АТСС оптимальная концентрация клеток для проведения исследований на метаболическую активность должна обладать значением  $OD_{570}$  в диапазоне 0,75-1,25 и лежать на линейном участке кривой и для данной культуры составляет  $5 \cdot 10^5$  кл./мл при трёхдневном культивировании.



Зависимость значения абсорбции от концентрации астроцитов

Таким образом, в ходе данного исследования была определена оптимальная концентрация астроцитов, равная  $5 \cdot 10^5$  кл./мл, для проведения экспериментов, включающих трёхдневное культивирование. В дальнейшем исследования влияния астроцитов на развитие физиологических или патологических реакций будут проводиться в рамках данной концентрации.

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМУМА ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА *COVID-19* В РОССИИ В НАЧАЛЕ 2022 ГОДА

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 и иных регулярных факторов пандемии; выполнена верификация декомпозиции эпидемического процесса и результатов его прогноза по фактическим данным.

Согласно заключениям А.Л. Чижевского, изложенным в работе «Земля в объятиях Солнца», от начала большинства эпидемий вирусной этиологии до ближайшего максимума солнечной активности в XVII веке проходило около 2 лет, в XVIII веке – около 2,1 года, в XIX веке – около 2,8 лет, меняясь в пределах от 1 до 5 лет. Максимум солнечной активности специалисты ожидают в районе 2023-2024 годов. Поэтому локализация острой фазы пандемии *COVID-19* в границах 2021 года – первой половине 2022 года не противоречит данной закономерности. Кроме того, «резкие отклонения от обычной нормы социально-экономических условий неминуемо усиливают или даже вызывают ту или иную эпидемию. <...> Вероятнее всего, все... социальные и природные факторы объединены в один комплекс, влияние которого и выражается в прихотливом ходе кривой эпидемического процесса» [1, с. 264-266].

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), обнаруженный в ноябре 2021 года омикрон-штамм коронавируса всё больше распространяется в мире, становясь доминирующим вариантом *COVID-19*. Среди симптомов заболевания специалисты выделяют одышку, повышенную утомляемость, боли в мышцах, боли в горле, заложенность носа или насморк, диарею и рвоту ([https://lenta.ru/news/2022/01/12/toilet\\_covid/](https://lenta.ru/news/2022/01/12/toilet_covid/)).

Согласно информации *Reuters* на 25 января 2022 года, во всём мире 98,8 % секвенированных случаев заболевания *COVID-19*, представленных в базе данных *GISAID*, приходилось на вариант омикрон-штамма *BA.1*. Однако в ряде государств отмечался рост числа подвариантов *BA.1.1.529*, *BA.2* и *BA.3*. Все они связаны генетически, но имеют разные мутации, которые определяют их поведение. По мнению инфекционистов, принципиальный вопрос заключается в том, будут ли переболевшие в волну *BA.1* защищены от *BA.2* и других штаммов. Если – нет, то мир получит волну «с двумя “горбами”, но говорить об этом пока рано» (<https://inosmi.ru/20220131/omikron-252796737.html>).

На базе свойств биологического агента, специалисты Роспотребнадзора допустили, что к середине января 2022 года в РФ ежесуточное количество заражений омикрон-штабмом превысит 100 тысяч человек. По мнению главного научного сотрудника НИЦ эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи

Минздрава России, профессора Анатолия Альтштейна, заболеваемость омикрон-штаммом в мире увеличилась в три раза, по сравнению с дельта-штаммом. «Насколько заболеваемость может вырасти в России, пока сказать трудно, поскольку речь идёт об официальных цифрах». Тем не менее, набирающая силу новая волна *COVID-19* может стать последней (<https://lenta.ru/news/2022/01/12/virusologi/>).

Исходя из анализа зарубежных волн заболеваемости *COVID-19*, профессор А. Альтштейн прогнозирует, что в России спад заболеваемости омикрон-штаммом начнётся в *феврале*. При этом к началу февраля исполнится месяц, как заболеваемость находится на подъёме. Динамику эпидемии профессор связывает не только с уровнем коллективного иммунитета, но и с возможными повреждениями генома коронавируса из-за быстрого размножения: «Волны были и на начальной стадии пандемии, когда не так много людей переболело и было ещё мало полностью вакцинированных». В природе коронавируса *есть неизвестный науке механизм*, и до сих пор остаётся невыясненным, почему в какой-то момент времени кривая заболеваемости резко идёт на спад (<https://lenta.ru/news/2022/01/18/spad/>).

Заместитель директора по клинико-аналитической работе ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора Н. Пшеничная также допускает, что в России пик заболеваемости *COVID-19* наступит к середине *февраля* (<https://lenta.ru/news/2022/02/01/pikk/>).

Выполненное в МГУ имени М.В. Ломоносова моделирование динамики эпидемического процесса, учитывающее способность вируса приспосабливаться к среде, показало, что к началу 2023 года *COVID-19* «приобретёт черты лёгкой инфекции». «Наш прогноз, – указал ректор МГУ В.А. Садовничий, – <заключается в том>, что коронавирус сойдёт на допустимый уровень, либо будет протекать в очень лёгкой форме, либо будет незначительное количество заболевших. Мы надеемся, что <это случится> в начале 2023 года». Ход заболеваемости *COVID-19* в России рассмотрен учёными Института показателей и оценки здоровья медицинской школы Вашингтонского университета (*IHME*). По их данным, *очередной пик заболеваемости может наблюдаться 22 января, а 5 февраля это будет очевидно по официальной статистике* (<https://lenta.ru/news/2022/01/18/prognoz/>).

Научный руководитель ГУ НИИ вакцин и сывороток имени И. И. Мечникова, академик РАН В. Зверев полагает, что острая фаза эпидемии «...закончится, когда 80 % населения переболеет. К этому всё идет и, похоже, к концу 2022 года мы проблему, скорее всего, решим» (<https://lenta.ru/news/2022/02/03/pandemiya/>).

Итак, 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, – актуальны и практически значимы.

Идея исследования состоит в следующем: статистическая обработка данных о выявленной общей численности заболевших различными вариантами штаммов коронавируса РФ (с 22.01.2020 года по 04.07.2021 года), организованных в виде

временного ряда, заимствованных из базы данных Университета Джонса Хопкинса (*JHU*), позволяет предложить не только оптимальный – применительно к классу решаемых задач – алгоритм обработки данных, в том числе 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>, а также из отчётов Коммуникационного центра Правительства Российской Федерации (*stopкоронавирус.рф*).

Как правило, начальным пунктом обработки любых данных статистической природы является задание математической модели 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  $F_{\text{фон}}(t)$  – 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, 3].

В исследовании уровень шума  $n(t)$  признаётся невысоким. Поэтому оценки динамики диагностической компоненты поля приводятся без его удаления.

Следовательно,  $F_{\text{сигнал}}(t) + n(t) = F(t) - F_{\text{фон}}(t)$ . Поэтому наши исследования начинаются с анализа и верификации модели фона изучаемого процесса.

Алгоритм формирования всех учитываемых моделей фона объединяет следующие действия.

1. Ко всему ряду данных о суточном приросте заболевших ( $Gr\text{-}JHU \equiv Gr$ ) 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  $S$ .

4. Формируется ряд фоновых значений поля:  $Fon = (10^S - 1)$ .

5. Для дальнейшего анализа выделяется диагностическая часть ряда:  $Gr\text{-}dia = Gr - Fon$ .

В общем виде наиболее адекватная – с позиции физической достоверности и обеспечиваемой глубины прогноза – модель фона имеет вид (модель № 2):

$$Fon2 = 10^S - 1; S = A1/(1 + \exp(B1 - d \cdot C1)) + B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + B4 \cdot d + B5 \cdot d^Q + Z.$$

Результат приближения данной моделью фактических значений суточного прироста заболеваемости (по *JHU*; до 04.07.2021 года) показан на рис. 1.

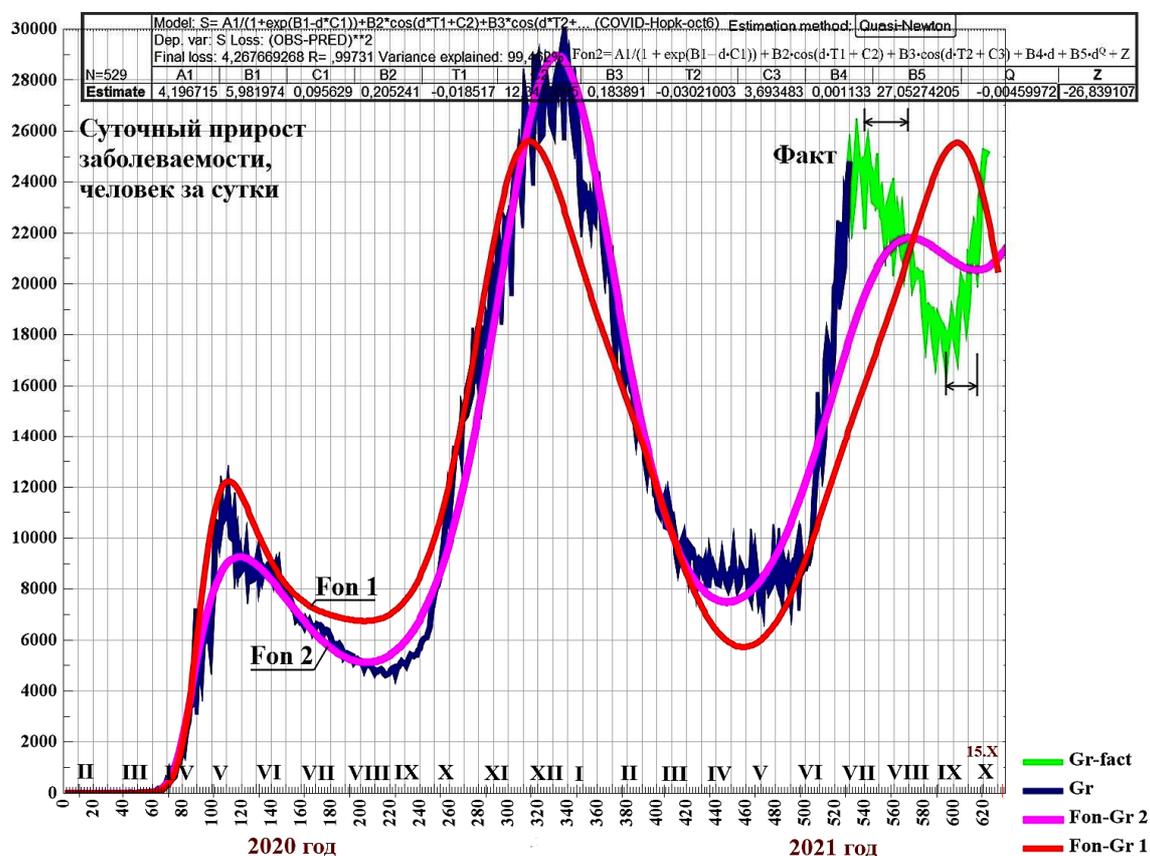


Рис. 1. Приближение фактических данных, отражающих динамику эпидемического процесса, разными моделями фона

Согласно рис. 1 (таблица-врезка), теоретическое корреляционное отношение, или индекс корреляции,  $R$  для модели фона № 2 составляет 0,997. Иначе говоря, модель определяет основную долю общей дисперсии исходного ряда величин суточного прироста заболевших. Локализация экстремумов модели фона № 2 на оси времени – без учёта вклада диагностической компоненты – отличается от таковых по фактическим данным на 30 суток (на рис. 1 отмечено двунаправленными стрелками). Тем не менее, уже с октября данная модель допускала новый рост выявляемого числа заболевших.

Итак, принимая во внимание завершение исходного ряда данных 04.07.2021 года и прогноз тренда на ряд месяцев вперёд, даты локализации действительных экстремумов эпидемического процесса от прогнозных дат отличаются на несколько декад. Поэтому результатом подобного прогноза является исключительно месяц, в пределах которого, наиболее вероятно, локализуется экстремум. Опыт подобных расчётов позволяет предложить следующую формулировку: событие заявленного типа, скорее всего, фактически реализуется не ранее указанной даты. При этом достоверность прогноза амплитудных значений события не превышает таковую

для интервала локализации события. Глубокое эмпирическое обоснование этого приёма приведено в [3].

Разделим вторую модель фона, точнее говоря, соответствующий ряд  $S$  – показателей степени по основанию 10, на отдельные компоненты и рассмотрим их индивидуальную временную динамику. Уточним, что сумма компонент действительно даёт исходную величину  $S = LGST + Ritm1 + Ritm2 + Trend$ :

- $LGST = 4,196715 / (1 + \exp(5,981974 - d \cdot 0,095629))$ ;
- $Ritm1 = 0,205241 \cdot \cos(d \cdot 0,018517 - 12,3453695)$ ;
- $Ritm2 = 0,183891 \cdot \cos(d \cdot 0,03021003 - 3,693483)$ ;
- $Trend = 0,001133 \cdot d + 27,05274205 \cdot (d^{-0,0046}) - 26,839107$ .

В графическом виде временной ход отдельных компонент модели фона показан на рис. 2.

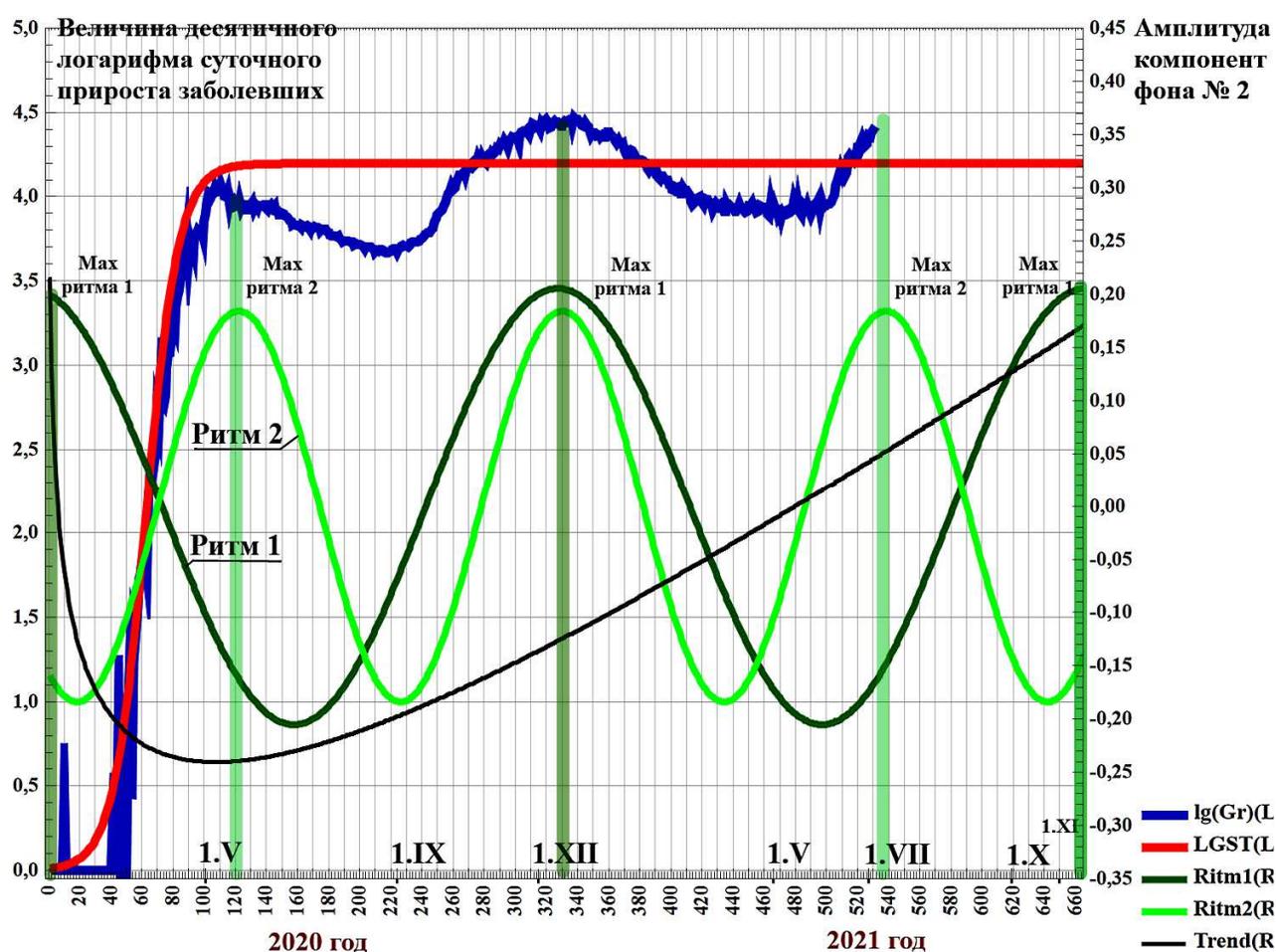


Рис. 2. Сравнение хода отдельных компонент модели фона № 2 с фактическими данными

Предварительно укажем, что сочетания минимумов ритмов № 1 ( $Ritm1$ ) и № 2 ( $Ritm2$ ), в целом, определяют фазы минимальных же значений изучаемого поля. Если же выраженную локализацию на оси времени показывает экстремум одного ритма, это может свидетельствовать о незначительном по амплитуде минимуме изучаемого поля, разделяющем два сближенных мощных максимума – по сути, о *бимодальном* максимуме, который допускается эпидемиологами.

Прогноз колебательной компоненты фона ( $Ritm1 + Ritm2$ ) в сумме с нелинейным трендом ( $Trend$ ) на семь месяцев вперёд, т.е. на величину периода ритма № 2, представлен на рис. 3. При этом максимумы годового ритма на протяжении трёх последовательных лет приходились на окончание ноября – декабрь месяцы.

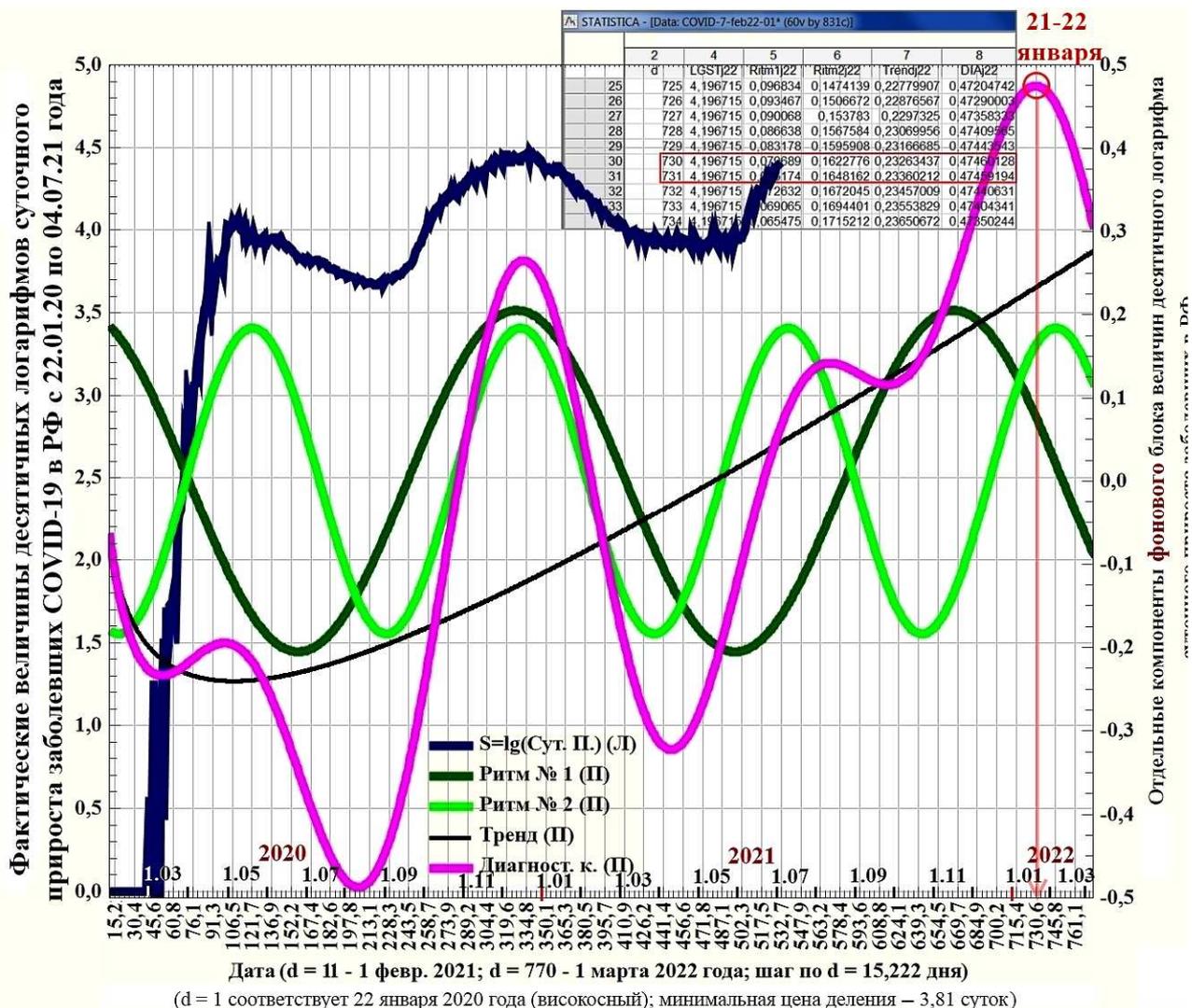


Рис. 3. Прогноз изменения отдельных компонент фоновых величин десятичного логарифма суточного прироста числа заболевших COVID-19 в РФ зимой 2021-2022 годов

На врезке рис. 3 показан фрагмент расчётных величин компонент фона изучаемого процесса. При организации оси аргумента учитывались следующие обстоятельства: 1) 2020 год – високосный; 2) средняя продолжительность месяца по трём рассмотренным годам составляет  $(365+366+365)/36 = 30,444$  суток; 3) началом рядов является 22.01.2020 года ( $d = 1$ ); 4) ряд фактических значений величин суточного прироста заболевших завершается 04.07.2021 года ( $d = 530$ ).

Согласно рис. 3, сумма колебательных компонент и тренда ( $DIAj22$ ) – в составе фона – достигает очередного максимума при  $d = 730-731$  (0,4746), что формально соответствует 20-21 января 2022 года. С учётом вклада логистической компоненты модели фона эпидемического процесса, амплитуда максимума

достигает не менее 4,6713 (47 000 человек/сутки). К данной величине добавляется вклад диагностической компоненты *полной 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. 4.

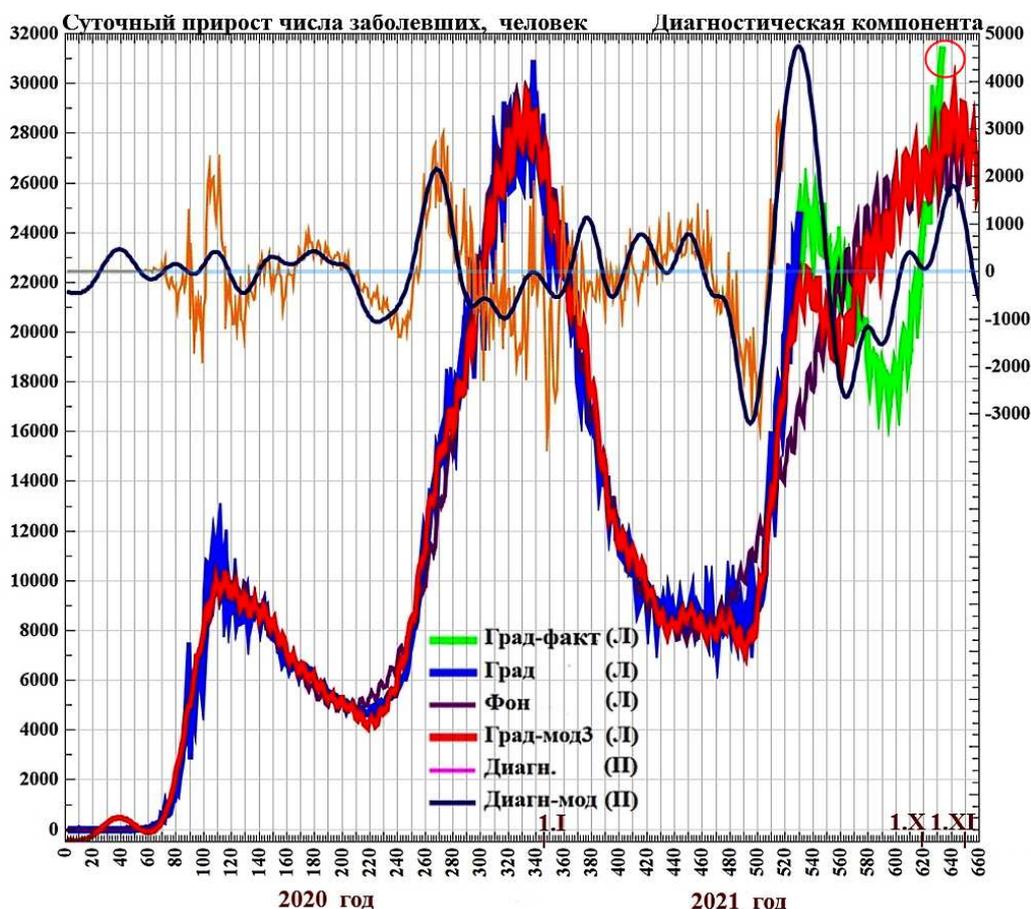


Рис. 4. Временной ход фактических и модельных величин суточного прироста числа заболевших в РФ, включая прогнозную часть модельного ряда

Глубина прогноза с использованием диагностической компоненты существенно меньше таковой, выполняемого исключительно по трендовой компоненте ряда.

На основании рис. 2-4, можно сделать следующие выводы.

1. Картину динамики фона эпидемического процесса 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 *компартамента* в составе механизма изучаемого процесса, по истечении которого его параметры – с учётом необратимости истории – возвращаются к «исходным» значениям. Уточнение природы компартиментов требует проведения дополнительных исследований.

Согласно публикации в *Nature Computational Science*, признаки сезонность 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/>).

Кроме того, в конце декабря 2021 года на лентах СМИ появилось сообщение, согласно которому коронавирус способен проникать в большинство органов тела, в частности, в сердце и мозг, и оставаться там около **семи месяцев**. Об этом свидетельствуют результаты исследования ученых из Национального института здравоохранения (*NIH*) США, опубликованные на *Research Square*. Специалисты проанализировали образцы, полученные из тел 44 скончавшихся от *COVID-19*, и обнаружили «устойчивую РНК *SARS-CoV-2* во множестве анатомических участков, включая области по всему мозгу, на сроках до 230 дней с появления симптомов» (<https://lenta.ru/news/2021/12/26/koronavirus/>).

По мнению иммунолога Н. Крючкова, длительное нахождение коронавируса в теле человека может происходить из-за того, что иммунная система по каким-то причинам с ним не справляется. «В основном, такое случается на фоне хронических заболеваний, когда вирус вносит в организм дисбаланс, а внутренние системы не в состоянии нейтрализовать *COVID-19*. В результате появляются хроническое воспаление, нарастающая дезадаптация, нарастающее нарушение функций органов и тканей... Кроме того, причиной могут выступить нарушения свертываемости крови (тромбоз) и аутоиммунные реакции организма» (<https://lenta.ru/news/2021/12/27/long/>).

*The Guardian* сообщает, что причину постковидного синдрома установили специалисты Оксфордского биомедицинского исследовательского центра. Он наблюдается у 20 % людей, перенёвших *COVID-19* и проявляется одышкой, повышенной утомляемостью, снижением умственной работоспособности. Магнитно-резонансная томография с ксеноном в роли ингаляционного контрастного агента позволила учёным заметить аномалии, которые сохраняются в лёгких при постковидном синдроме. Поэтому распространение газа по лёгким так же затруднено, как при острой фазе болезни. Подобные осложнения вызывают микроскопические повреждения лёгких. Профессор Школы системной биологии Университета Джорджа Мейсона (США) Анча Баранова допустила, что изменения функций кровеносной и нервной систем человека возможно диагностировать только спустя три месяца после завершения острой фазы болезни (<https://lenta.ru/news/2022/01/29/longcovid/>).

2. Ритмы *попеременно* влияют на локализацию во времени экстремумов изучаемого поля: первый – по счёту – экстремум (см. рис. 2-3; параметр  $\lg(Gr)$ ;  $d \approx 10$ ) определяет максимум ритма № 1, а первый минимум – минимум ритма № 2; второй экстремум – максимум ритма № 2; третий экстремум – вновь максимум ритма 3; 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 (см. рис. 2-3).

4. Нелинейный – в модели фона № 2 – тренд с весны 2020 года вовлечён в возрастающее изменение.

5. Основную дисперсию поля отражает логистическая компонента модели фона (на рис. 2 её ось – слева). Величины амплитуд других компонент модели – в 20 раз меньше (на рис. 2 их ось – справа). Эти компоненты играют *информационную*, а не «энергетическую» роль в определении временной динамики изучаемого поля.

Ранее мы допустили, что в границах каждого года, так или иначе, проявляют себя *три сезонных максимума* солнечной активности: первый – в конце зимы – в апреле; второй – в окрестности июля; третий – в окрестности октября. При этом важно подчеркнуть: в один год более выражено заявляют о себе максимумы переходных периодов, а на следующий год выражено проявляет себя летний максимум, при несколько меньшем эффекте максимумов переходных периодов (без учёта вклада фоновой компоненты поля и процессов иной, не гелиогеофизической природы). По-видимому, не повторяясь в всех деталях, картина сезонной динамики солнечной активности воспроизводится из года в год [4].

На этом основании позволим себе предположить, что динамику эпидемического процесса *COVID-19* 2020-2022 годов в условиях РФ определяют **два базовых механизма**: 1) естественная сезонность биосферных процессов, включая сезонность обменных процессов биологических систем, а также специфика организации конкретного биологического агента – в *фоновой* части общей модели процесса; 2) влияние солнечной активности на взаимодействие биологического агента и организма человека – в *диагностической* части общей модели эпидемического процесса.

Укажем повторно: *влияние солнечной активности* на ход эпидемического процесса наиболее выражено устанавливается *именно в диагностической* компоненте общей модели процесса.

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 может быть выполнена более адекватная – с позиции величины коэффициента  $R$  и физической достоверности описания –

подгонка суммы колебательных компонент, определяемая эффектами амплитудной и фазовой модуляции каждой моды.

В завершении изложения сумму колебательных компонент из состава модели фона приблизим выражением, включающим блок вида  $\sin X/X$ :

$$SUMRitm = A1 \cdot (\sin(\tilde{T} \cdot d + B) / (\tilde{T} \cdot d + B)) + A2 \cdot d + A3 \cdot d^2 + A4 \cdot d^3 + W.$$

В графическом виде результат приближения показан на рис. 5.

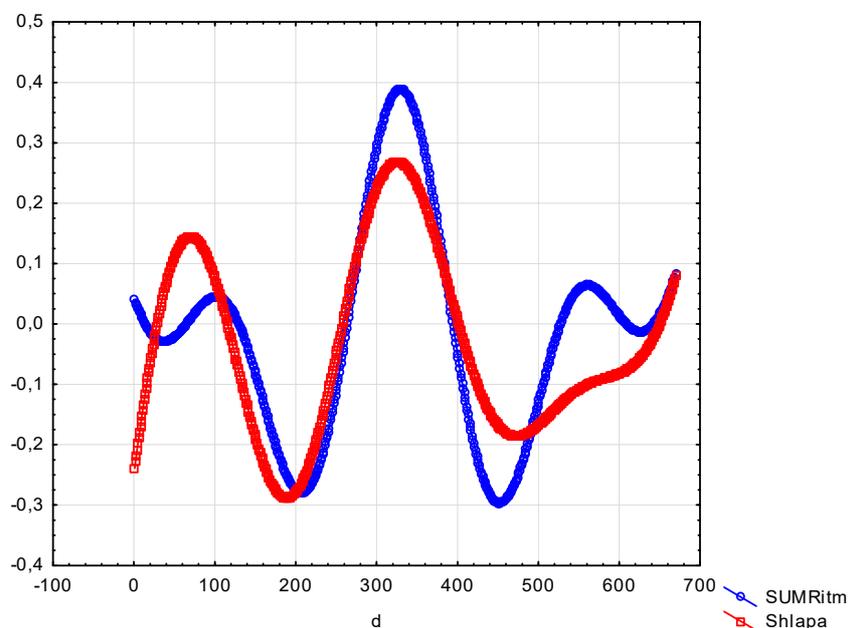


Рис. 5. Описание колебательного блока фона моделью, включающей выражение вида  $\sin X/X$

Величина, по сути, коэффициента  $\tilde{T} = 0,0295$ , при полной записи аргумента в виде  $2\pi \cdot d/T$ , соответствует периоду колебания  $T = 213,208$  суток, что, при средней продолжительности месяца 30,44 дня, составляет 7,004 месяца. Так что, данный временной интервал действительно отражает какое-то «характерное время» нахождения биологического агента в пределах человеческого организма.

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, исчерпываются горизонтом прогноза около семи месяцев. Разработка новых моделей динамики процесса требует учёта всей совокупности фактических данных, доступных на дату начала исследований. Текущая фаза эпидемии – осень 2021 – зима 2022 годов – связана с восходящим участком тренда и, видимо, ещё будет характеризоваться высокими значениями суточной заболеваемости. Прогноз времени и скорости смены тренда и хода диагностической компоненты предполагает проведение нового цикла исследований.

### Список литературы

1. Чижевский А.Л. *Земля в объятиях Солнца*. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. (Антология мысли).

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. Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация/ Ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта. – М.: Наука, 2006. – 254 с.

4. Волков А.В. Прогноз параметров 25-го солнечного цикла и сопряжённой социальной динамики// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. – 411 с. – С. 257-295.

## **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **ОЛИМПИАДНАЯ ПОДГОТОВКА ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ, КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ**

Д.Н. Бикмухаметова, Р.Ф. Ахвердиев, А.Р. Миндубаева  
Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* Статья посвящена организационным вопросам олимпиадной подготовки студентов в современных условиях обучения. Приведены способы формирования универсальных компетенций у студентов технологических направлений при подготовке к математическим олимпиадам.

Особенности современного общества и быстрые изменения технических и технологических процессов, выдвигают перед будущими инженерами новые требования, в предстоящей им профессиональной деятельности, например, умение принимать решения, часто граничащих с процессом научного исследования. Поэтому, к вузам предъявляются требования, чтобы выпускники обладали наряду с фундаментальными знаниями, гибким мыслительным аппаратом, позволяющим ему развиваться вместе с техническим прогрессом, анализировать ситуации, выявлять проблемы, ставить задачи и находить приемлемые оптимальные пути решения таких задач. Выпускник вуза должен обладать определенными компетенциями, диктуемыми его будущей профессиональной деятельностью и развитием общества. Поэтому олимпиадное движение является важным направлением в профессиональной подготовке специалистов технологического направления.

Активное участие в олимпиадном движении позволяет развивать у студентов креативное мышление и способность действовать в нестандартных ситуациях. Проведение многоступенчатых олимпиад позволяет выявлять талантливых студентов на первых курсах обучения и вести целенаправленную работу по формированию универсальных компетенций.

На кафедре высшей математики проводится активная научно-исследовательская работа со студентами. Ежегодно проводится внутри вузовская олимпиада по математике КГТУ для студентов 1-3 курсов. На кафедре организован и постоянно работает студенческий математический кружок, из участников которого создаются команды для участия в олимпиадах. Занятия проводятся еженедельно преподавателями кафедры. Тематика занятий выходит за рамки стандартного курса.

Например, на занятии разбираются следующие задачи для 1 курса:

1. Вычислить определитель n- порядка

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ \cdot & 0 & 2 & \vdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \vdots \\ 1 & 0 & \cdot & n \end{vmatrix}$$

- 2 Доказать, что прямые соединяющие вершины правильного тетраэдра с серединой его высоты взаимно перпендикулярны.

Задачи олимпиады КНИТУ для старших курсов:

1. Вычислить  $\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^{\pi} \sqrt{1 + \cos 2nx} dx$
2. Какой поверхностью вращения является зеркала прожектора, если лучи света, исходящие из точечного источника, отразившись, направляются параллельным пучком. (автор Веселова Л.В.)

С 2021 года на базе КНИТУ, ежегодно проводится Межвузовская студенческая олимпиада для студентов технических и технологических специальностей. В прошлом году в олимпиаде приняло участие 100 человек из 5 вузов республики Татарстан. В работе жюри участвовали приглашенные профессора из разных вузов.

Авторами в рамках организации профориентационной работы на кафедре были запущены интернет проекты по подготовке школьников к ЕГЭ и к математическим олимпиадам. Ахвердиевым Р.Ф. было прочитано несколько онлайн лекций в moodle.kstu. В настоящее время разбор заданий выкладывается в Youtube и телеграмм канале по ссылке <https://t.me/+ltt5omavY685MDdi>.

### Список литературы

1. Бикмухаметова Д.Н. Анализ условий и результатов формирования профессиональных компетенций при изучении высшей математики / Д.Н. Бикмухаметова, О.М. Дегтярева, И.Д. Емелина, А.Р. Миндубаева, Р.Н. Хузиахметова // Управление устойчивым развитием. – 2021. – Т.36, В.5. – С.94-100.
2. Бикмухаметова Д.Н. Детерминанта при организации дистанционного обучения математической подготовки в технологическом университете / Д.Н. Бикмухаметова, Н.Н. Газизова, С.Р. Еникеева, А.Р. Миндубаева, Н.В. Никонова // Управление устойчивым развитием. – 2021. – Т.33, В.2. – С.78-83.
3. Винокурова С.А. Исследование преимуществ подготовки студентов к участию в олимпиадах // Образование. Наука. Карьера. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», в 2-х томах. – Том 1, 2019. – С 156-158.

## ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛИЗАЦИИ И ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Д.Н. Бикмухаметова, С. Алхалифах, А.Р. Миндубаева

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* Реалии современного мира предполагают активные интеграционные процессы, в том числе и в образовании. Все больше и больше иностранных студентов приезжает обучаться в других странах в том числе и у нас. При этом возникает ряд адаптационных проблем, связанных с уровнем подготовки, несовершенным знанием языка, культурными и социальными проблемами коммуникации. Эти проблемы приходится решать руководству вуза и преподавателям.

Организация успешной адаптации, способствует более быстрому включению их в студенческую среду, облегчает процесс обучения и воспитания.

Работа на кафедре преподавателя, свободно владеющего английским и арабским языками, облегчает студентам адаптационный период.

Специфика работы с Арабскими студентами показывает, что они не любят монотонной, однообразной работы и склонны строить свою работу на отвлечениях – отдают предпочтение общению. В соответствии их с менталитетом преподаватель воспринимается как авторитетный носитель знания, которое они должны получить и усвоить.

Не отступая от программы, каждый преподаватель должен создать и развить свои особые взаимопользные формы взаимодействия со студентами, позволяющие получить положительный результат. Для облегчения адаптации занятия со студентами первого курса проводятся одновременно на двух языках, на русском с целью развития их социально-культурных коммуникаций и на арабском с целью разъяснения непонятных и сложных моментов. Кроме того, в помощь всем студентам владеющим английским языком на кафедре разработано методическое пособие на английском языке специально для обучения иностранных студентов высшей математике. В качестве примера, мы приводим отрывок из этого пособия.

Theorem: The sequence

$$\left\{ \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^n \right\}$$

is a monotone increasing bounded sequence;

has the finite limit such that

$$2 < \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^n < 3.$$

That limit is denoted by the symbol  $e$ :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^n = e,$$

The number  $e$  is an irrational number,  $e = 2,71828182845\dots$

Examples.

Evaluate the limit of the sequence  $\left\{ \frac{3n+2}{n+1} \right\}$  as  $n \rightarrow \infty$ .

Solution.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3n+2}{n+1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3n+3-1}{n+1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{3(n+1)}{n+1} - \frac{1}{n+1} \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( 3 - \frac{1}{n+1} \right) = 3.$$

The expression  $\left( -\frac{1}{n+1} \right)$  is an infinitesimal variable, since  $\frac{1}{n+1} \rightarrow 0$  as  $n \rightarrow \infty$ .

Therefore, the constant term 3 is the limit of the sequence.

Результаты проведенного нами опроса показывают, что студентам удобна и полезна такая форма работы.

Кроме того, на кафедре широко используются интерактивные формы работы. Студенты в своих личных кабинетах электронного университета и Moodle видят всю информацию, которую преподаватель хочет донести до них. Теперь в Moodle мы наращиваем интерактивные сервисы, которые нужны для самоконтроля

Мы должны активно меняться в новых реалиях, помогая нашим студентам и сотрудникам.

### Список литературы

1. Бикмухаметова Д.Н. Анализ условий и результатов формирования профессиональных компетенций при изучении высшей математики / Д.Н. Бикмухаметова, О.М. Дегтярева, И.Д. Емелина, А.Р. Миндубаева, Р.Н. Хузиахметова // Управление устойчивым развитием. – 2021. – Т.36. – В.5. – С.94-100.

2. Бикмухаметова Д.Н. Детерминанта при организации дистанционного обучения математической подготовки в технологическом университете / Д.Н. Бикмухаметова, Н.Н. Газизова, С.Р. Еникеева, А.Р. Миндубаева, Н.В. Никонова // Управление устойчивым развитием. – 2021. – Т.33. – В.2. – С.78-83.

3. Бикмухаметова Д.Н. Mathematics: in aid of foreign students / Д.Н. Бикмухаметова, Н.Н. Газизова, С.Р. Еникеева, А.Р. Миндубаева, Н.В. Никонова // КНИТУ. – 2020. – С.96.

4. Павлюкова Ю.В. Особенности социально-педагогической адаптации иностранных студентов в вузе (на примере арабских студентов в центре предвузовской подготовки) / Ю.В. Павлюкова, Е.А. Дрягалова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.

# КЛЮЧЕВЫЕ ЭТАПЫ АНТИКРИЗИСНОЙ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА ТЕХНОЛОГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ «МАРКЕТИНГОВЫЙ КОНВЕЙЕР» ДЛЯ УСИЛЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТОВАРОВ И УСЛУГ ПРЕДПРИЯТИЯМ НГХК

С.В. Савинков

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,  
г. Москва

*Аннотация.* Обучающая руководителей промышленных предприятий малого и среднего бизнеса программа «Маркетинговый конвейер», формирующая системный подход к управлению маркетингом компании с целью достижения запланированных экономических показателей, в сложившихся непростых для бизнеса условиях обладает несколькими ключевыми этапами освоения по наработке навыков разработки и реализации антикризисных мероприятий. Это, в частности, оперативная адаптация к условиям неопределённости при формировании спроса на реализуемый товар или услуги, а также сочетание офлайн и онлайн технологий при исследовании обратной связи с представителями целевых потребительских сегментов для гарантированного выхода на заданные экономические показатели.

Изменение отношения к бизнесу, включающая поддержку российского предпринимательства льготными кредитами, режимом наибольшего благоприятствования и снятие административных и фискальных барьеров – это ответ государственных органов на беспрецедентные вызовы, с которыми столкнулась Россия [1]. Становление новых условий касается организаций всех форм собственности, в том числе предприятий малого и среднего бизнеса, обеспечивающих крупный бизнес товарами и предлагающих им сервисное, консультационное обслуживание, программное обеспечение, а также научно-технологические разработки, в том числе наукоёмкие и инновационные.

Трансформации, обусловленные с одной стороны резким ростом потребности в отечественных товарах производственно-технического назначения взамен импортных, с другой – необходимостью реализовать эти товары в растущем конкурентном окружении отечественных производителей, заставляют предпринимателей малого и среднего бизнеса реализовывать системный подход к маркетингу в целом и усилению эффективной коммуникационной активности для обеспечения режима принятия решения о покупке потенциальным потребителям своей продукции.

В сложившихся непростых для бизнеса условиях обучающая руководителей промышленных предприятий программа «Маркетинговый конвейер», формирующая системный подход к управлению маркетингом компании с целью достижения запланированных экономических показателей, обладает возможностью привить навык коммуникационной деятельности в условиях кризиса.

Технология маркетингового проектирования «Маркетинговый конвейер» [2, 3] – это подготовка и реализация циклических маркетинговых проектов по

каждому товару или услуге компании для каждого вида потребительских сегментов, представляющих собой лиц, принимающих решение (ЛПР) на рынке B2B, на предприятиях нефтегазохимического комплекса. Обучение технологии включает 8 последовательных этапов: поиск и анализ вторичной маркетинговой информации, разработка гипотезы воздействия на потребителей (гипотезы целевого рынка или гипотезы торгового предложения), анализ конкурентов, маркетинговые исследования, сегментирование на основе полученных данных, расчёт экономических показателей, собственно позиционирование и, наконец, реализация комплекса маркетинга и организации нового цикла на базе достигнутых показателей.

В качестве ключевых антикризисных этапов программа предусматривает адаптацию к условиям неопределённости и обучение поиску уникальности на стадии разработки гипотетического предложения руководителям промышленных предприятий и формирование их спроса на производимый товар или услуги, а также освоение принципов конвергенции коммуникаций, обеспечивающих реализацию комплекса маркетинга с синергетическим эффектом воздействия на представителей целевых потребительских сегментов. В частности, в области инжиниринга энергоресурсоэффективных экологически безопасных химических технологий и химико-технологических систем [4] разработки предприятиям малого и среднего бизнеса по силам обеспечить с помощью своих разработок поставку технических устройств собственного производства, консалтинг в организации бизнес-процессов, соответствующих требованиям Национальных стандартов России и Международной организации по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, ISO) в области ресурсосбережения, энергосбережения, энергетического и экологического менеджмента, проектирования и строительства [5].

Для реализации указанных услуг крупному бизнесу, необходимо, чтобы руководство компаний из целевых сегментов приняло аргументацию поставщика как наилучший способ удовлетворения потребностей предприятия и личных потребностей ЛПР. В обучающую программу «Маркетинговый конвейер» включён тренинг по достижению серендипности [6] в анализе вторичной информации, оперативному (антикризисному) выявлению убедительной мотивации для принятия решения о покупке товаров и услуг и формированию уникального торгового предложения, реализуемого по маркетинговым каналам коммуникации.

Следующим ключевым этапом при антикризисном обучении является практическая часть, посвящённая исследованиям целевой аудитории и выбор наиболее эффективных для неё каналов коммуникации. На этой стадии слушатели осваивают технологию опроса потребителей и оперативный способ интеграции, а затем конвергенции коммуникаций для различных каналов, как традиционных, так и цифровых.

Следует особо отметить влияние цифровизации на технологию продвижения, что также отражено в программе обучения. В современных условиях дигитализации классический метод остаётся востребованным

(особенно для среднего и крупного бизнеса), при этом активно используются новые возможности инструментов электронной коммерции.

Разработка гипотезы воздействия на потребителей по результатам анализа вторичной информации остаётся актуальной при формировании спроса на новые или выводимые на рынок продукты, для которых в цифровой среде ещё не обозначились поисковые запросы, а также для формирования посадочных страниц сайтов для дальнейшей их доработки.

Менее востребованными, при сохранении их актуальности, стали количественные маркетинговые исследования из-за их высокой стоимости и появившейся возможности получать информацию через коммуникации и опросы в сети Интернет. Тем не менее, результаты полевых исследований остаются наиболее достоверными информационными источниками для выработки стратегии и тактики действий на рынке, а и специфическая анкета исследований, предлагаемая технологией «Маркетинговый конвейер», успешно используется, например, при осуществлении личных продаж технологически сложной и наукоёмкой продукции на промышленном рынке для выявления потребностей потребителей целевых сегментов.

Использование методов электронной коммерции [7, 8] привнес изменения в организацию и реализацию циклов тактического маркетингового проектирования, при этом основные принципы «Маркетингового конвейера» осталась неизменными, его эффективность от интеграции новых инструментов лишь усилилась.

Воздействие на потребителей через цифровые рекламные каналы (SEO-продвижение, контент-маркетинг, e-mail-маркетинг и т.д.) по предлагаемой методике реализуется только после прохождения необходимого количества циклов тестирования.

Освоение технологии «Маркетинговый конвейер», включающей антикризисные блоки, обеспечивает комплексный системный подход специалистов к решению бизнес-задач предприятий малого и среднего бизнеса, планомерно формируя спрос на товары и услуги, интенсифицирует переход от маркетинговых коммуникаций, соответствующих немарочному позиционированию, к бренд-коммуникациям [9] за счёт конвергенции [10, 11] и построению бренда.

### Список литературы

1. [https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2022/03/22/914711-daite-udochku?utm\\_campaign=newspaper\\_23\\_3\\_2022&utm\\_medium=email&utm\\_source=vedomosti](https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2022/03/22/914711-daite-udochku?utm_campaign=newspaper_23_3_2022&utm_medium=email&utm_source=vedomosti)
2. Иванов Л.А. Книга директора по маркетингу / Л.А. Иванов. – Спб.: Питер, 2006. – 208 с.: ил. – (Серия «Совет директоров»).
3. Иванов Л.А. Маркетинговый конвейер. Книга директора по маркетингу 2.0. <https://www.litres.ru/leonid-ivanov-2/marketingovyy-konveyer>.
4. V.P. Meshalkin, V.G. Dovì, V.I. Bobkov, A.V. Belyakov, O.B. Butusov, A.V. Garabadzhiu, T.F. Burukhina, and S.M. Khodchenko. *State of the Art and Research Development Prospects of Energy and Resource-Efficient Environmentally*

*Safe Chemical Process Systems Engineering. Mendeleev Communications, 2021. – vol.31, no.5, pp. 593-604. doi:10.1016/j.mencom.2021.09.003*

5. V.P. Meshalkin, S.M. Khodchenko, *Polymer Science. Series D, 2017, 10, 347. doi: 10.1134/S1995421217040128*

6. Суховский А.В. *Zettelkästen Никласа Лумана в культурологических исследованиях / А.В. Суховский // Вестник культурологии. – 2021. № 4. – С. 148-159.*

7. Гавриков А.В. *Интернет-маркетинг. Настольная книга digital-маркетолога / А.В. Гавриков, В.В. Давыдов, М.В. Фёдоров. – М.: Изд-во АСЕ, 2020. – 352 с. – (Бизнес-бук).*

8. Перточенков А. *Идеальный Landing Page. Создаём продающие веб-страницы / А. Перточенков, Е. Новиков. – Спб.: Питер, 2017. – 320 с.: ил.*

9. Киселев В.М., Савинков С.В. *Бренд-коммуникации. Маркетинг: Большой толковый словарь Александра Панкрухина / Под общ. ред. Березина И.С., Карповой С.В., Коро Н.Р., Павлова С.В., Скоробогатых И.И. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2021. – С. 60-62.*

10. Киселев В.М., Савинков С.В. *Коммуникации конвергентные. Маркетинг: Большой толковый словарь Александра Панкрухина / Под общ. ред. Березина И.С., Карповой С.В., Коро Н.Р., Павлова С.В., Скоробогатых И.И. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2021. – С. 141-143.*

11. Савинков С.В. *Конвергенция бренд-коммуникаций. В кн. Бренд-коммуникации. Под ред. Киселева В.М., Федюнина Д.В., Кутыркиной Л.В. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2017. в 2 кн. Кн. 2. – С. 101-124.*

## **ПРОБЛЕМЫ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ**

И.Д. Емелина, Е.Д. Крайнова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* В статье рассматриваются особенности инклюзивного образования, необходимость разработки специальных учебных курсов для педагогов по взаимодействию с инвалидами. Для адаптации в общеобразовательных учреждениях необходимо разрабатывать программы, помогающие детям с ограниченными возможностями.

С каждым годом увеличивается количество детей – инвалидов. По данным Министерства здравоохранения и социального развития РФ 16 % российских детей хронически больны. Наибольшее количество детей – инвалидов проживает на территориях социально и экологически неблагополучных. Если социоэкологическая ситуация в стране не изменится, масштабы бедности останутся прежними, государственная поддержка инвалидов не станет эффективнее, то тенденция роста числа детей с проблемами здоровья продолжится.

К сожалению, приходится констатировать, что наша образовательная система не готова к удовлетворению индивидуальных потребностей таких детей

в обучении. Инклюзивные подходы могут поддержать таких детей в обучении и достижении успеха, что даст шансы для их лучшей жизни в дальнейшем.

В основу инклюзивного образования положена идеология, которая исключает дискриминацию детей, но создает особые условия для детей, имеющих особые образовательные потребности.

Инклюзивное образование – процесс развития общего образования, который подразумевает доступность образования для всех, что обеспечивает возможность обучения детей с особенностями развития.

Необходимость инклюзивного образования обоснована следующими положениями:

1. Обязательства по правам человека и правам детей должны рассматриваться в равной степени.

2. Анализ того, что отвечает истинным интересам каждого ребенка, определяет, что именно является для него благом.

3. Анализ данных говорит о том, что социальные услуги улучшаются в результате того, что становятся более гибкими и адаптируемыми.

Ключевые принципы инклюзивного образования:

1. Дети ходят в местную, расположенную рядом с домом школу.

2. Все дети участвуют во всех мероприятиях, где класс и школьная среда являются инклюзивными.

3. Индивидуальное обучение поддерживается совместной работой учителей и родителей.

4. Инклюзивное образование, если оно основано на правильных принципах, помогает предотвратить дискриминацию в отношении детей и поддерживает детей с особыми потребностями в их праве быть равноправными членами общества.

Система инклюзивного образования включает в себя учебные заведения среднего, профессионального и высшего образования. Ее задачей является создание без барьерной среды в обучении и профессиональной подготовке людей с ограниченными возможностями. Необходимо реформировать и перепланировать образовательные учреждения таким образом, чтобы они отвечали нуждам и потребностям всех без исключения детей. Это подразумевает не только специальное техническое оснащение учебных заведений, что несомненно оставляет желать лучшего и требует от государства немалых материальных затрат, но так же и разработку специальных учебных курсов для педагогов и других учащихся, обучающихся взаимодействовать с инвалидами. И конечно же необходимо разрабатывать специальные программы, помогающие детям с ограниченными возможностями адаптироваться в общеобразовательных учреждениях.

Интеграция «проблемных» детей – это социальный заказ достигших определенного уровня экономического, культурного, правового развития общества и государства. Это несомненно требует от общества и государства в целом переосмысления своего отношения к инвалидам, признания их прав и осознания своей обязанности обеспечить таким людям равные со всеми другими возможностями в разных областях жизни, в том числе и в образовании.

Интеграционные процессы обусловлены в РФ реформами политических институтов, демократическими преобразованиями в обществе, наметившимся в общественном сознании поворотом к признанию самоценности каждой личности, ее гарантированного права на свободу выбора и самореализацию.

Процесс интеграции в России имеет свои исторические и культурные корни. Изучая и используя зарубежный опыт инклюзивного образования, мы не можем при этом не учитывать экономическое состояние, социальные процессы. Культурные и педагогические традиции, уровень нравственного развития нашего общества, отношение к детям – инвалидам, закрепившееся в общественном сознании.

Особую актуальность сегодня имеют исследования общественного мнения о проблемах доступности высшего образования и способах их решения. Очевидно, что большинство вузов не готово к приему абитуриентов – инвалидов: нет ни обустроенной среды, ни специальных программ, приспособленных для их обучения. Равные возможности предполагают наличие специальной образовательной среды для студентов – инвалидов: персональный наставник, специальные лифты в учебных зданиях и многое другое. Лишь в немногих вузах РФ существуют такие условия.

В настоящее время развиваются различные формы помощи социально – уязвимым группам населения. Это законодательное урегулирование условий получения высшего образования, финансовая поддержка, информационное обеспечение, социальная реабилитация.

### **Список литературы**

1. *Инклюзивное образование: право, принципы, практика.* – М., 2009.
2. *Инклюзивное образование в России.* ЮНИСЕФ. – М., 2011.
3. *Ратнер Ф.Л. Интегрированное обучение детей с ограниченными возможностями в обществе здоровых детей / Ф.Л. Ратнер, А.Ю. Юсупов.* – М.: Гуманитар. Изд. Центр ВЛАДОС, 2013.
4. *Специальное образование в меняющемся мире. Европа: уч. пособие для студентов пед. Вузов.* – М.: Просвещение, 2012.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ - ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ПО ЭКОЛОГИИ**

Т.Г. Константинова, А.А. Сазанова  
ФГБОУ ВО Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары

*Аннотация.* Рассмотрена роль экологического инжиниринга при подготовке кадров по экологическому направлению.

Одной из главных целей экологического образования в настоящее время является не только накопление информации о компонентах окружающей среды, их взаимодействии и динамике развития, но и выстраивание системы знаний и

умений, обеспечивающих экологическую ответственность за состояние природных ресурсов. Взаимодействие человека с природой осуществляется как непосредственно, так и через различные технические и инженерные сооружения, причем роль и значение последних неуклонно возрастает.

В современных условиях, для создания экологического мировоззрения недостаточно использовать традиционную систему, в которой главный акцент делается на высокую экологическую эрудицию, а необходимо внедрение в образовательный процесс инновационных методик обучения для формирования основных профессиональных компетенций выпускника вуза.

В этой связи экологический инжиниринг становится важной составляющей подготовки кадров по экологическому направлению. Он оказывается все более актуальным по мере того как происходит осознание, что уровень воздействия объекта на окружающую среду может влиять на реализацию проекта.

Экологическое обоснование дает возможность оценить экологическую опасность намечаемой хозяйственной и иной деятельности для экосистем (природных территориальных комплексов) и человека.

Экологический инжиниринг позволяет реализовать идею устойчивого развития промышленного предприятия, способного одновременно повышать технико-экономическую эффективность производственных процессов и сокращать вредное воздействие на окружающую среду [1].

Результативность учебного процесса определяется используемыми образовательными технологиями. В настоящее время в вузах ведущей формой ведения занятий является лекция в ее традиционном понимании, которая не в полной мере отвечает современным требованиям. Необходимость перехода от объяснительно-иллюстративного обучения к инновационно – действенному, с использованием современных информационных и инновационные технологий становится все более актуальной.

Важным видом подготовки являются различные формы практических занятий, которые способствуют активной учебной деятельности студентов с целью формирования у них профессиональных компетенций в области экологического проектирования и экспертизы.

Экологическое проектирование основано на обязательности оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной деятельности и направлено на сохранение и улучшение качества окружающей среды. Существуют виды экологических проектов, которые должны быть на предприятии исходя из специфики работы: (НДС) – проект нормативов допустимых сбросов; (ПДВ) – проект нормативов предельно допустимый выбросов; (СЗЗ) – проект санитарно-защитной зоны; (ПНООЛР) – проект, определяющий нормативы образования отходов; (ОВОС) – предполагает оценку воздействия на окружающую среду [2].

Будущему специалисту помимо хороших знаний нормативной документации, необходимо владеть методами расчётов объёмов и масштабов загрязнения окружающей среды отдельным промышленным объектом.

Знание основ экологического проектирования и государственной экспертизы, способствуют формированию у студентов профессиональных компетенций по подготовке природоохранной документации, технических отчетов по инженерно-экологическим исследованиям с учетом требований нормативных документов [3].

Природоохранные разделы проектной документации: «Мероприятия по охране окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду» разрабатываются студентами, как на практических занятиях в аудитории, так и при самостоятельной работе.

В процессе подготовки и защиты курсового проекта по безопасному обращению с отходами на конкретном предприятии (ПНООЛР) вырабатываются значительные навыки и умения, способность анализировать, решать профессиональные задачи на основе единства теории и практики, что гарантирует успешное освоение современной профессии.

Сформировав экологическое мировоззрение и получив практические навыки в рамках экологического инжиниринга будущие специалисты смогут решать профессиональные задачи, позволяющие контролировать и сокращать вредное воздействие на окружающую среду.

### **Список литературы**

1. Вахрушев П.А. Экологический инжиниринг как эффективный способ обеспечения экологической безопасности предприятия / П.А. Вахрушев // *Промышленная экологическая безопасность и охрана труда*. – 2015. – № 7. – С. 48-51.

2. Об охране окружающей природной среды: закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.07.2019). Электрон. дан. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823) (дата обращения: 25.03.2022)

3. Об экологической экспертизе: закон Российской Федерации от 23.11.1995 № 174-ФЗ. (ред. от 30.12.2021) Электрон. дан. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8515](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515) (дата обращения: 25.03.2022).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОСТАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ХИМИИ**

А.В. Чаплыгина

Курский государственный университет,  
г. Курск

*Аннотация.* В статье рассматриваются некоторые аспекты применения интеллект-карт для контроля и оценки знаний обучающихся профильного класса образовательного кластера «школа-вуз-предприятие» при обучении химии. Приведены методические рекомендации по использованию интеллект-карт для оценки знаний обучающихся по отдельным разделам предмета, по учебным практикам, при выполнении исследовательских

*проектов. Также показано применение интеллект-карт для оценки эффективности деятельности субъектов образовательного кластера.*

Согласно актуальным на сегодняшний день нормативным документам в области образования к выпускникам учебных заведений разного уровня предъявляется ряд требований, среди которых особо выделяется умение осмысленно и самостоятельно учиться [2]. Такой навык оказывается бесценным при дальнейшем продолжении обучения, повышении квалификации, смены профессиональной деятельности.

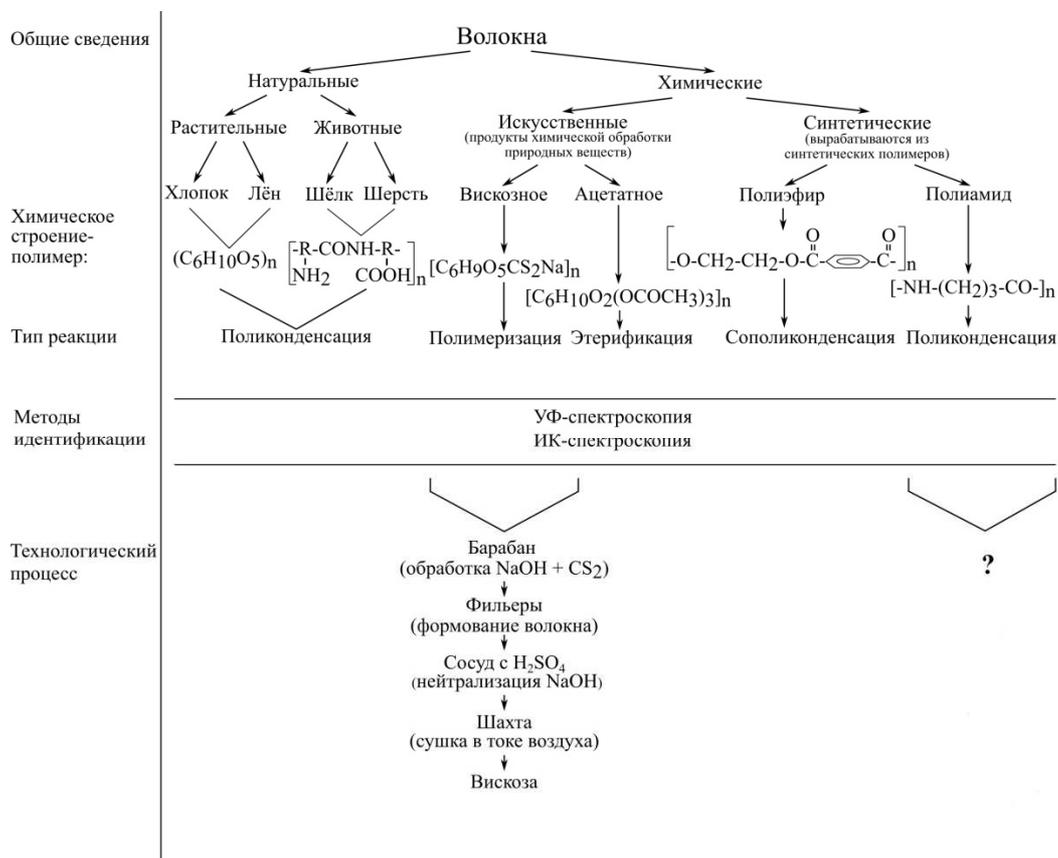
Традиционная система обучения в силу своих особенностей недостаточно способствует формированию вышеописанных умений. Одним из путей решения данной проблемы, по нашему мнению, является применение в образовательном процессе методов визуализации, позволяющих обучающимся развивать способность работать с большими объемами информации, выделять главные части, структурировать их, описывать логические связи между ними. В основе этих методов лежат схемно-знаковые модели (конспект-схемы, ментальные карты и т.д.), отдельные виды которых находят применение при обучении тем или иным дисциплинам в соответствии с их особенностями. При изучении химии наиболее часто используется метод составления интеллект-карт («mind mapping») [1].

В городе Курске несколько лет функционирует образовательный кластер «школа – вуз – предприятие», организованный на базе нескольких площадок: МБОУ «СОШ № 33» г. Курска, ООО «Курскхимволокно» и ФГБОУ ВО «Курский государственный университет». В рамках такого сотрудничества ведется подготовка обучающихся профильного химико-математического класса по предмету «Химия» и по рабочей профессии «Лаборант химического анализа» (как дополнительное образование). Создание единой обучающей среды, являющейся характерной особенностью данного кластера, позволяет использовать технологию применения интеллект-карт всеми участниками кластера для осуществления образовательного процесса в профильном классе.

Составление интеллект-карт с обучающимися осуществляется не только преподавателями каждого из субъектов образовательного кластера на своих занятиях, но и совместно в рамках одной изучаемой темы [3]. Такие комплексные карты применяются не только для более глубокого усвоения материала, но и служат для контроля и оценки полученных обучающимися знаний.

Например, составление такого рода интеллект-карты имело место при изучении темы «Строение и свойства волокон». Учитель в школе в рамках освоения предмета «Химия» дает основные представления о видах волокон, заполняя с обучающимися разделы «Общие сведения» и «Химическое строение» в интеллект-карте. Далее в университете при совместной деятельности с преподавателем обучающиеся расширяют содержание карты по вопросам «Тип реакции» и «Методы идентификации». На площадке предприятия, обучающиеся в условиях реального производства под руководством главного технолога, рассматривают процесс получения волокон и самостоятельно заполняют графу «Технологический процесс» карты.

Как показывает опыт, целесообразно применение такой интеллектуальной карты для контроля и оценки знаний обучающихся. Для этого некоторые смысловые блоки карты закрываются и обучающимся предлагается их заполнить (рисунок).



Интеллектуальная карта для контроля и оценки знаний обучающихся по теме «Строение и свойства волокон»

Такой подход позволяет следить за усвоением знаний в целом по одной теме («Строение и свойства волокон») или оценивать какую-то часть материала (например, производство только полиамидных нитей).

Аналогичным образом, через заполнение пропущенных смысловых частей интеллектуальной карты, можно проверять знания обучающихся после прохождения ими учебной практики на площадке предприятия. Если карту не удастся заполнить в полном объеме с первого раза, обучающимся предоставляется возможность посетить предприятие повторно для актуализации знаний и восполнения пробелов.

Также показывает высокую эффективность применение интеллектуальных карт с закрытыми частями для контроля за работой обучающихся с теоретическими вопросами итогового исследовательского проекта. Заполнение карты в этом случае наглядно иллюстрирует те части теории, на которые стоит обратить внимание перед началом эксперимента, чтобы у обучающегося складывалось целостное понимание проблемы при выполнении проекта.

Нельзя не упомянуть, что использование интеллектуальных карт позволяет оценивать эффективность деятельности каждого субъекта образовательного

кластера, в том числе по количеству ошибок, допускаемых обучающимися при заполнении пустых полей, относящихся к содержанию материала, транслируемого преподавателями того или иного субъекта.

Таким образом, применение интеллект-карт показало наибольшую эффективность при использовании их для контроля и оценки результатов обучения по большим темам или разделам (позволяя параллельно оценивать и меньшие по объему части информации); по учебным практикам; при выполнении исследовательских проектов; а также для оценки результативности деятельности субъектов образовательного кластера.

### Список литературы

1. Бруннер Е.Ю. *Применение технологии mind map в учебном процессе* / Е.Ю. Бруннер // Развитие международного сотрудничества в области образования в контексте Болонского процесса: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Ялта, 5-6 марта 2008 г.). – Ялта: РИО КГУ, 2008. – Вып. 19. – Ч. 1. – С. 50-53.

2. *Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования: утвержден приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования»*: текст с изм. и доп. от 29 июня 2017 г. [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации: сайт. URL: <https://минобрнауки.рф/документы/2365> (дата обращения: 15.01.2020).

3. Чаплыгина А. В. *Применение технологии составления интеллект-карт в обучении химии* [Электронный ресурс] // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2021. – № 3 (39). – С. 237-252. URL: [http://vestospu.ru/archive/2021/articles/18\\_39\\_2021.pdf](http://vestospu.ru/archive/2021/articles/18_39_2021.pdf). DOI: 10.32516/2303-9922.2021.39.18.

## ПОЛИКУЛЬТУРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ФЕНОМЕН СОЦИОКУЛЬТУРНОГО ПРОЦЕССА В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕ

И.В. Родионова

Ставропольский государственный медицинский университет,  
г. Ставрополь

*Аннотация.* В статье рассматривается поликультурное образование как феномен социокультурного процесса, выделяются задачи и трудности, возникающие в процессе поликультурного образования. Предлагаются к рассмотрению методы и подходы для повышения уровня культуры межнационального общения.

*Ключевые слова:* культура, поликультурное образование, воспитание, толерантность, межнациональное общение.

Современные социокультурные изменения в обществе связаны с макропроцессами в социокультурных системах, они становятся все более

разноплановыми. Многонациональный состав России выдвигает потребность и необходимость в резком повышении роли культуры, в связи с этим можно отметить расширение рамок массовой культуры или мультикультуры. Дж. Бэнкса, основоположник и один из ведущих экспертов в области мультикультурного образования, рассматривая поликультурное общество, представлял две крайние точки зрения на культурное многообразие общества. Ученый в своих исследованиях предлагал использовать в образовании преимущества не только своей родной культуры (микрокультуры), но и культуры, которая сложилась на общенациональном уровне (макрокультуры). При этом под культурой, в первую очередь, понимается совокупность идеалов, ценностей, норм поведения, характерных для конкретной общности [3].

Таким образом Дж. Бэнкса утверждал, что каждый человек рассматривается как биокультурная или многокультурная личность. С одной стороны, он носитель культурных ценностей (справедливость, равенство, человеческое достоинство), норм своей культурной общности, с другой – представитель целостной культуры (макрокультуры) [1].

В настоящее время система образования, наряду с другими системами, представляет собой площадку для активного развития поликультурности. Рассматривая поликультурное образование как феномен социокультурного процесса, необходимо отметить, что именно образование на сегодняшний день обладает наибольшим потенциалом для конструктивного разрешения поликультурного воспитания, основной целью которого является формирование человека, способного к активной и эффективной жизнедеятельности в многонациональной среде, обладающего развитым чувством понимания и уважения других культур, умеющего жить в мире и согласии с людьми разных национальностей, рас, верований.

Исходя из этого, постараемся выделить основные задачи поликультурного образования:

- изучение культуры своего народа, что является непременным условием интеграции в другие культуры;
- Знакомство с многообразием культур в мире, формирование позитивного отношения к разным культурам;
- формирование и развитие правильного понимания сходства и различий в языках, традициях, обычаях разных культур [3];
- формирование данных к личностной, культурной самоидентификации [5];
- воспитание в духе мира, терпимости, гуманного межнационального общения, культуры [4].

Правомерно «культуру межнационального общения» рассматривать как «...совокупность специальных знаний и умения, а также адекватных им поступков и действий, проявляющихся в межличностных контактах и взаимодействии представителей различных этнических общностей и позволяющих быстро и безболезненно достигать взаимопонимания и согласия в общих интересах» [7].

Считаем необходимым отметить трудности, возникающие в процессе поликультурного образования. При совместном проживании социокультурном пространстве представителей разных этнических сообществ и национальностей неизменно возникают определенные трудности. Т.е. вынужденное сосуществование на бесконфликтной основе с «другими», никогда не соприкасавшиеся между собой в историческом прошлом, и потому не успевшие за короткий срок выработать непротиворечивые формы взаимодействия [6].

В данном случае главным является не личность, а общность, группы, объединенные по национальностям, которые вынужденно подчиняют человека жёстким ограничениям и требованиям. С другой стороны, группа дает определенную поддержку. Таким образом, толерантное поведение предполагает терпимое отношение, порой просто игнорирование, которое в свою очередь, не всегда достижимо. Отсюда появляющиеся конфликты, скандалы, драки, оскорбления.

Возникает необходимость конструктивного взаимодействия в группе, где присутствуют иные культуры и верования, следует уметь принимать совместные решения и брать ответственность на себя. Таким образом, положительно подходить к культурному многообразию, принимать его как источник развития общества. Эта проблема имеет, прежде всего, внешнеполитическое, правовое, социально-экономическое значение, составляющим является и её культурно-образовательный ракурс.

Для успешного развития поликультурного образования отметим разработку нескольких подходов, которые могли бы помочь в развитии и осуществлении поликультурного образования:

- осознание того, что культурное разнообразие людей является исторически сложившимся фактом, представляющее непреходящую ценность, залогом самовывживания и шагом вперед всего человечества;
- уважение культурного разнообразия в России;
- соблюдение «золотого правила нравственности»: не делай другому того, чего не желаешь себе» того;
- недопустимо принимать человека с точки зрения развитости и малоразвитости той или иной культуры, желания искоренения или иных «пережитков»;
- стремление интегрировать усилия в решении общих задач;
- уважительное отношение к плюрализму мнений, умение слушать и воспринимать другой язык, культура и т.д.;
- анализ и объяснение мотивов неожиданной поведенческой реакции, рассмотрение их в контексте культурной традиции, умения мирным путем выйти из конфликтной ситуации;
- заинтересованность в общении с представителем иной этнической культурой, знакомство другими и религиозно-культурными традициями;
- умение искать и находить в собственной культурной традиции то ценное, что актуально для достойной самореализации человека в современном мире;
- низвержение стереотипов в отношении носителей различных культурных традиций;

- участие в совместных праздниках, диспутах, мероприятиях по социальному проектированию и улучшению реальных отношений в социокультурной среде;

Рассматривая вопрос о поликультурном образовании как феномене социокультурного процесса в современном российском обществе, приходим к следующим выводам о необходимости необходимо повышения уровня культуры межнационального общения, позволяющее быстро и безболезненно достигать взаимопонимания и согласия в общих интересах; укрепления дружбы и сотрудничества между нациями, народностями нашей страны, воспитания толерантного отношения к окружающим, умения бесконфликтного сосуществования.

### **Список литературы**

1. Banks J. *Cultural Diversity and Education: Foundations, Curriculum and Teaching* / J. Banks. – Boston: Allyn and Bacon, 2001.

2. Болотина Т.В. *Формирование поликультурных компетенций педагогов средствами межкультурного диалога в поликультурной (многокультурной) образовательной среде. Управление образованием: теория и практика* / Т.В. Болотина, И.А. Мишина. – М., 2014. – № 2 (июнь 2014 г., выпуск 14).

3. Дмитриев Г.Д. *Многокультурное образование* / Г.Д. Дмитриев. – М.: Народное образование, 1999.

4. Макаев В.В. *Поликультурное образование – актуальная проблема современной школы* / В.В. Макаев, З.А. Малькова, Л.Л. Супрунова // Педагогика. – 1999. – №4. – С.3-10.

5. Палаткина Г.В. *Этнопедagogические факторы мультикультурного образования* / Г.В. Палаткина: дис. ... д-ра пед наук. – М., 2003.

6. Кусарбаев Р.И. *Теория и практика формирования культуры межнационального взаимодействия у студентов высших учебных заведений: монография* / Р.И. Кусарбаев. – Челябинск, 2009. – 209 с.

7. *Этнопсихологический словарь*. М.: МПСИ. В. Г. Крысько, 1999 [электронный ресурс]. URL: <http://ethnopsychology.academic.ru/1>.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА NLSP

В.М. Никитаев

МИРЭА-Российский технологический университет (РТУ МИРЭА),  
г. Москва

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы связанные с особенностями работы протокола NLSP. Автор делает акцент на плюсах и минусах и выявляет преимущества данного протокола перед конкурентами.*

***Ключевые слова:** сетевой протокол, программное обеспечение, база данных, маршрутизация.*

В данной статье будут рассмотрены внешние функции и преимущества сетевого протокола NLSP. Также для полного сравнительного обзора данного протокола, в данной работе будут рассмотрены некоторые функции RIP и SAP.

Задача сетевого протокола NLSP NetWare Link Services Protocol состоит в том, чтобы устранить проблемы с сетевым трафиком, которые создаются в глобальных сетях ширококестельными рассылками RIP/SAP. Системным администраторам глобальных сетей известна такая проблема как дополнительные расходы, связанные с постоянной передачей служебных сообщений. В сетевой операционной системе NetWare данные сообщения генерируются ширококестельными рассылками такими протоколами как RIP и SAP. Проблема таких ширококестельных рассылок заключается в том, что они потребляют очень важную полосу пропускания, благодаря чему уменьшается объем доступных данных также увеличиваются затраты, связанные с соединениями глобальной сети. Раньше NetWare было очень зависима из-за этих сообщений, что приводило к затруднительному обнаружению маршрутизаторов и разных служб в самой сети. Компания Novell создала протокол, основанный на протоколе связи между промежуточными системами IS-IS, NetWare Link Services Protocol (NLSP). Данный протокол позволяет решить проблему, связанную с административными издержками RIP и SAP.

Итак, NLSP – это протокол для обмена информацией между IPX-маршрутизаторами. Данный протокол помогает работать с маршрутизацией на сетевом уровне, основанный на состоянии канала. Компания Novell предоставила протокол NLSP в общее пользование для разработчиков и производителей маршрутизаторов, чтобы они могли реализовать данный продукт в свои проекты и системы. Поставщики маршрутизаторов, такие как Bay Networks, Cisco и 3Com, включают NLSP в текущие версии программного обеспечения своих маршрутизаторов.

Прежде чем мы рассмотрим внутренние операции NLSP, будет полезно кратко обобщить его внешние функции и преимущества. В этом разделе представлены некоторые сведения о RIP/SAP и NLSP, важные для нашего обсуждения.

Основные характеристики протокола NLSP. NLSP является более эффективным протоколом для обновления информации о маршрутах и услугах, нежели чем RIP и SAP. Дело в том, что маршрутизатор на основе RIP протокола отправляет широковещательный пакет каждые 60 секунд, даже если с момента последней рассылки ничего не изменилось. В свою очередь, протокол NLSP передает информацию о маршрутах только тогда, когда произошло изменение в сети или по истечению более длительного интервала времени. Интервал между сообщениями может быть настроен, но по умолчанию интервал равен 2 часам.

NLSP устраняет периодические широковещательные рассылки SAP маршрутизатора и сервера, передавая информацию о сетевых службах в виде пакетов состояния канала. Как и в случае информации о маршрутизации, обновления отправляются только при изменении услуг или по истечении более длительного интервала времени. Это делает NLSP более эффективным механизмом доставки информации об услугах.

Таким образом, объем служебного трафика уменьшается, NLSP увеличивает доступную полосу пропускания и снижает затраты на подключение к глобальной сети. NLSP заменяет трафик RIP и SAP между маршрутизаторами. Однако он не заменяет трафик между клиентом и маршрутизатором. Фактически использование NLSP никак не влияет на существующее сетевое клиентское программное обеспечение или стеки протоколов.

Несомненным плюсом протокола NLSP заключается в том, что он поддерживает совместимость с RIP/SAP. Так, любая комбинация маршрутизаторов на основе NLSP и комбинация на основе RIP может существовать в одной и той же объединенной сети. В такой среде где присутствует NLSP и RIP/SAP маршрутизаторы, становятся «двуязычными», они говорят на NLSP или RIP/SAP (или двух сразу) в каждом сегменте сети. В смешанной среде пакеты RIP/SAP преобразуются в NLSP для передачи по объединенной сети. Этот подход позволяет обновлять один сегмент сети до NLSP. Обновление таким образом может быть важным соображением, поскольку многие установленные NetWare-совместимые устройства (серверы NetWare 2.2 и 3.1x, серверы печати, LANalyzer для Windows и т.д.) поддерживают только RIP/SAP.

NLSP устраняет необходимость в фильтрации RIP/SAP. Хотя вы можете использовать фильтрацию RIP/SAP для уменьшения объема информации о маршрутизации и услугах, проходящей через сеть, для многих пользователей она слишком всеобъемлюща. NLSP устраняет необходимость фильтрации для уменьшения трафика. При этом сохраняется возможность фильтрации пакетов из соображений безопасности. (Обратите внимание, что фильтрация RIP/SAP не может выполняться в сети, полностью поддерживающей NLSP, поскольку нет пакетов RIP или SAP для фильтрации.)

Основные преимущества NLSP. Из всех преимуществ, предоставляемых NLSP, наиболее важными для данного обсуждения являются следующие:

- Улучшена эффективность маршрутизации. В то время как маршрутизаторы RIP хранят только информацию о следующем переходе для маршрутизатора, каждый маршрутизатор NLSP хранит полную карту

сети. Таким образом, маршрутизаторы NLSP могут выбирать более эффективные маршруты и с большей готовностью выбирать альтернативные пути, когда маршрутизаторы выходят из строя.

- Снижение накладных расходов. Маршрутизаторы NLSP могут выполнять более эффективные «многоадресные рассылки», чем простые широковещательные рассылки всем маршрутизаторам. (Групповые рассылки отправляют пакеты на определенный адрес, а не на все устройства. Только маршрутизаторы, прослушивающие указанный адрес многоадресного пакета, примут пакет с информацией о маршрутизации.)
- Очень низкое потребление полосы пропускания. NLSP отправляет обновления каждому маршрутизатору только тогда, когда происходят изменения, в отличие от периодических широковещательных передач RIP/SAP всей базы данных маршрутов и служб каждого маршрутизатора. Устранение широковещательных пакетов RIP/SAP приводит к снижению использования полосы пропускания в сегментах LAN и, что более важно, в каналах WAN.

Пакеты NLSP также экономят полосу пропускания благодаря более эффективной структуре пакетов. Записи службы не обязательно должны соответствовать требуемой длине 64 байта для записей пакетов SAP. NLSP может вычислять точную длину имени службы и использовать рекламные объявления службы переменной длины, устраняя необходимость заполнения пакета неиспользуемыми данными. В результате NLSP может уместить больше служебной информации в пакеты меньшего размера.

Несмотря на большое количество плюсов следует отметить и существенный недостаток данного сетевого протокола, а именно вычислительную сложность. С увеличением размерности сети она начинает резко расти.

Структура протокола NLSP. NLSP состоит из нескольких элементов. К ним относятся три базы данных и четыре типа пакетов. Для протокола NLSP требуется базы данных (далее БД), которые будут содержать в себе информацию о соседях сети, доступных каналах и сетевых сервисах, информацию о самых эффективных маршрутах к пунктам назначения самой сети. Для этого требуется создать три БД:

- база данных смежности;
- база данных состояния канала;
- база данных переадресации.

Далее необходимо реализовать 4 пакета, которые будут служить сервисами, то есть их задача заключается в том, чтобы доставить всю информацию в наши базы данных и устройства. Первый пакет – пакет приветствия. Его задача заключается в идентификации ближайших соседей маршрутизатора в сети. Второй пакет – пакет состояния каналов, необходимый для идентификации каналов и пакет служб в системе. Третий пакет – пакет, который содержит в себе полный порядковый номер, выдаваемый только назначенным маршрутизатором и описывающий записи базы данных синхронизированных каналов сети. Четвертый пакет – пакет, в котором находится информация о частичном порядковом номере, чтобы определить, в

какой момент необходимо обновить информацию в списке маршрутов и сервисов.

Описание шагов, которые выполняет протокол NLSP для реализации функций маршрутизации:

1. NLSP отправляет первый пакет (пакет приветствия) для того чтобы связаться со всеми устройствами связанные с маршрутизатором во всех его каналов LAN или WAN.

2. Далее NLSP создает список, состоящий из ответов первого пакета и отправляет его в базу данных смежности

3. Следующий шаг, NLSP определяет, какой маршрутизатор в сети будет выступать в качестве главного координатора обновлений для каждого устройства для каждой локальной сети.

4. Все устройства начинают использовать пакет состояния сети, который в свою очередь сообщает другим об услугах, которые они предоставляют в самой сети. NLSP использует данные пакета состояния сети для создания базы данных состояния сети.

5. После NLSP создает базу данных переадресации на основе информации находящейся в базе данных состояния сети., используя процесс принятия решения (известный как алгоритм Дейкстры). База данных переадресации помогает протоколу определить, какой маршрут будет самым дешевым для различных пунктов назначения.

6. Координирующий маршрутизатор использует полный номер пакета порядковых номеров для передачи информации из БД состояния канала другим маршрутизаторам в локальной сети.

7. В свою очередь другие маршрутизаторы отправляют ответ, используя тот же пакет порядкового номера, но уже частичного номера, чтобы запросить отсутствующую информацию от координирующего маршрутизатора.

Мы рассмотрели протокол NLSP, увидели много преимуществ данного протокола, но возникает вопрос, почему же он не используется? Одним из предположений может быть, что компания не выдержала конкуренции. В 90-х годах прошлого столетия, компания Nevell создала ОС Netware и была достаточно успешной, но вышедшие на рынок продукты известных брендов, таких как Microsoft, смогли дать лучшие предложения. Стремительное развитие ИТ индустрии с одной стороны предоставляет много возможностей для стремительного взлета, но с другой стороны выдержать такой темп и удержать аудиторию пользователей может не каждый производитель.

### Список литературы

1. Галкин В.А. Телекоммуникационные сети / В.А. Галкин, Ю.А. Григорьев // Сер. Информатика в техническом университете. – М., 2003.

2. Нукифоров С.Н. Методы защиты информации. Защищенные сети: учебное пособие / С.Н. Нукифоров. – Санкт-Петербург: Лань, 15. – 2018. – 96 с.

3. NetWare Link Services Protocol: An Advanced Theory of Operations [Электронный ресурс] // support.novell [сайт]. [2005]. URL: <https://support.novell.com/techcenter/articles/ana19951101.html> (дата обращения 05.02.2022 г.

# МЕТОДОЛОГИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ

И.В. Глушков<sup>1,2</sup>, В.П. Мешалкин<sup>2</sup>, Л.И. Мухортова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Волга-инновация»,

<sup>2</sup> Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,  
г. Чебоксары

***Аннотация.** Статья посвящена различным аспектам разработки и применения компьютерных тренажерных комплексов (КТК) в образовательном процессе на промышленных предприятиях. Описана и апробирована технология разработки таких программ на практике, ее возможности и потенциал. Сделаны выводы об актуальности внедрения данных комплексов на предприятиях энергетики и снижения рисков (производственных, технологических, профессиональных) на технологических объектах (ТО) промышленных предприятий.*

***Ключевые слова:** компьютерный тренажерный комплекс, математическое моделирование, снижение рисков, технологический объект, системы автоматизации.*

В современных экономических условиях цена ошибок оперативного персонала производств со сложным технологическим оборудованием очень велика. Оперативный персонал технологических установок таких производств должен быть готов к возникновению любой нештатной ситуации, быстро и четко реагировать на сигналы, поступающие от системы автоматизации. Поэтому особую важность приобретает качественное обучение и постоянное поддержание квалификации и готовности персонала, его противоаварийные тренировки.

Поскольку на всех современных предприятиях энергетики и других отраслей промышленности широко применяются компьютерные системы управления, компьютерный тренажер оказывается оптимальным средством для подготовки персонала.

Рассмотрим основные подходы к созданию подобного класса компьютерных программ.

## **1. Назначение и функциональность программного тренажерного комплекса**

Назначение тренажеров:

- выработка у обучаемых интеллектуальных навыков управления технологическим оборудованием как в регламентных, так и во внештатных режимах его работы (предаварийном, аварийном);
- использование инженерными службами для глубокого анализа самых сложных режимов работы оборудования и совершенствования на этой основе режимных карт и эксплуатационных инструкций;
- опережающее обучение персонала; анализ режимов для нового технологического оборудования, которые еще не введены в действие и не освоены в эксплуатации, а также для реконструируемого оборудования;

- совершенствование оперативной квалификации технического персонала предприятий.

Тренажер обеспечивает возможность воспроизведения широкого спектра режимов работы оборудования, управляемого с центральных щитов управления. К их числу относятся: пуски из различных состояний, остановы с различными режимами, работа по сложным диспетчерским графикам, разнообразные виды отказов, вызывающие и не вызывающие немедленную остановку и отключение оборудования. Основываясь на точном математическом моделировании, математическая модель тренажера позволяет воспроизвести практически все стационарные и переходные режимы работы оборудования, коммутационной аппаратуры и т.п., включая как нормальные, так и нештатные режимы. Необходимо также отметить, что ПО тренажеров содержит все необходимые средства для построения верхнего уровня SCADA (в том числе управления реальным оборудованием). Поддерживаются различные интерфейсы связи с рядом промышленных контроллеров, а также с СУБД (например, MySQL).

#### Технические характеристики тренажерного комплекса

Программный комплекс тренажера функционирует на IBM PC в однопользовательском или многопользовательском режиме (в локальной сети). Тренажерный комплекс включает: АРМ инструктора; АРМ операторов (до 32 рабочих мест); программно-аппаратные средства связи. В многопользовательском режиме АРМ инструктора выступает в качестве сервера приложения – на этом компьютере работает математическая модель тренажера, что предъявляет повышенные требования к быстродействию данного ПК. Такая клиент-серверная архитектура обычно используется в тренажерах. Кроме того, возможна организация распределенных систем моделирования и управления. Программное обеспечение тренажеров выполнено по объектно-ориентированной технологии и обеспечивает удобный графический интерфейс как для обучаемого, так и для разработчика. Графический интерфейс пользователя (оператора) компьютерного тренажера:

- отображает окна необходимых мнемосхем с переходами между ними по ссылкам;
- отображает изменение в РВ (обычно 1 раз в секунду) показаний приборов и элементов сигнализации на мнемосхемах;
- позволяет оператору управлять арматурой и механизмами на мнемосхемах.

Конкретной программной единицей, которая реализует необходимую функциональность тренажера, является модель (часто также называемая проектом). Модели состоят из стандартных объектов, каждый из которых имеет свое изображение, механизм управления и способ моделирования. Набор элементов по желанию заказчика легко может быть расширен. Законченная модель с точки зрения оператора представляет собой набор из нескольких окон, объединенных друг с другом по иерархическому принципу (главная мнемосхема – мнемосхемы отдельных узлов, панели защит, сигнализации и пр.), с гипертекстовым механизмом перехода между окнами посредством кнопок и

других средств управления. В каждый отдельный момент на экране может быть видно одно или несколько окон.

В окнах размещаются мнемосхемы ТО с различными элементами интерфейса, в том числе управляемыми (вентили, насосы, ключи, приборы, блоки защиты, сигнализация, сообщения, кнопки для перехода в другие окна и т.п.). Управление моделью одинаково легко осуществляется как с помощью мыши, так и от клавиатуры. Пример окна тренажера приведен на рисунке.

## **2. Рабочие места тренажерного комплекса**

Операторское АРМ предназначено для управления ТО, получения информации о состоянии оборудования, значениях технологических параметров и выходе их за допустимые пределы, срабатывании технологических защит и блокировок.

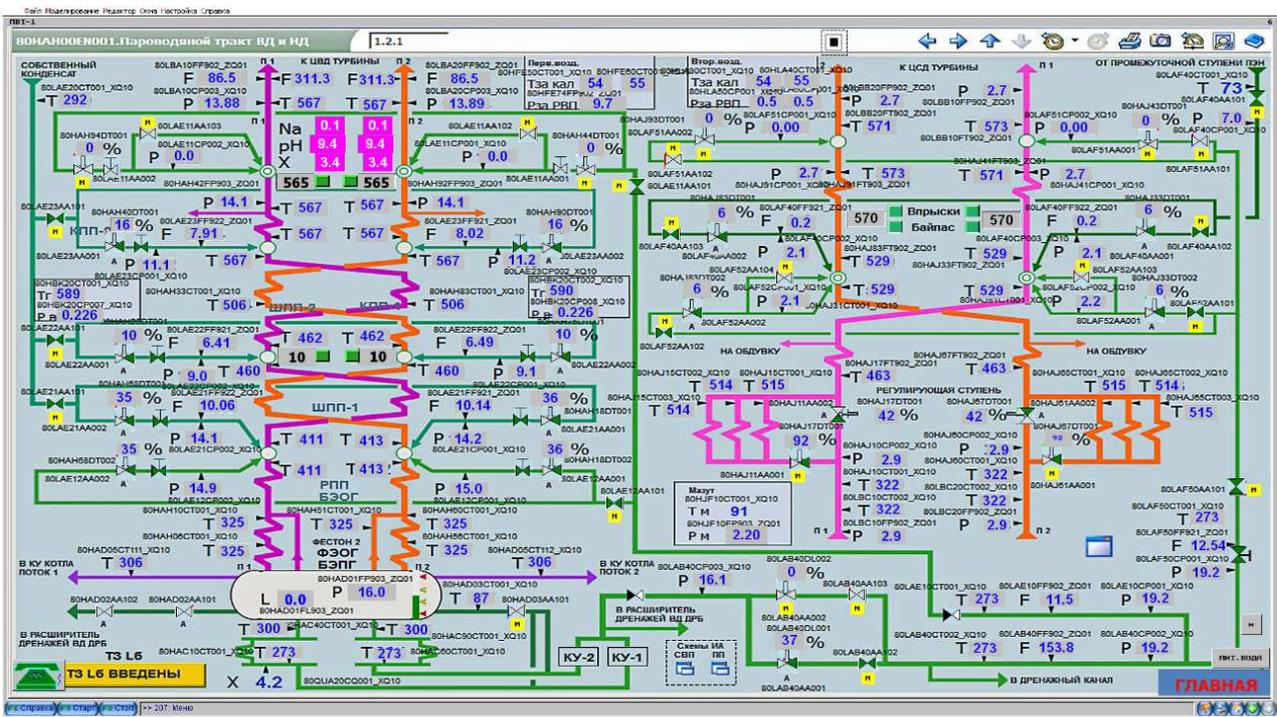
АРМ обучаемых на тренажере в соответствии с техническим заданием выполняются максимально соответствующими реальным рабочим местам операторов ТО (вплоть до программной эмуляции интерфейса АСУТП ТО при необходимости). Интерфейс операторов ТО на рабочих местах реализуется в виде мнемосхем с элементами управления, приборами контроля (цифровые, стрелочные) и сигнализацией. Мнемосхемы размещаются в ряде взаимосвязанных окон.

На АРМ операторов имеется доступ и возможность управления всем основным и вспомогательным оборудованием ТО в соответствии с назначением и функциями рабочего места. Выбор функции рабочего места осуществляется путем регистрации пользователя в текущем сеансе работы с тренажерным комплексом. АРМ инструктора предназначено для подготовки аварийных сценариев, управления моделью в ходе тренировки и экзамена, постановки задач обучаемым, контроля результатов. Инструктору доступно управление любым оборудованием, включенным в состав тренажера, а также оперативное задание различных состояний и неисправностей управляемых элементов (задвижек, вентилях, насосов и т.д.).

## **3. Режимы работы тренажера**

Тренажер может быть запущен на любом компьютере как: однопользовательская программа; сервер (рабочее место инструктора); клиент (рабочее место обучаемого). В однопользовательском варианте или на сервере можно выбрать режимы работы:

- без сценария (режим простой симуляции; инструктор и обучаемые могут выполнять любые действия по управлению моделью ТО);
- демонстрация типового сценария (обучаемые будут видеть развитие аварийной ситуации и правильные действия эксперта, создавшего сценарий; а также пояснения к ним при необходимости);
- тренировка по сценарию (обучаемый действует сам, но может получать указания, предусмотренные сценарием);
- экзамен по сценарию (обучаемый самостоятельно решает возникающие ситуации и получает итоговую оценку своих действий);
- редактирование или создание нового сценария (доступно только инструктору).



Пример интерфейса тренажера энергоблока

В тренажерном комплексе особого интереса заслуживает режим работы без сценария. Здесь производится симуляция модели оборудования, в процессе которой можно проводить различные эксперименты над моделью, изучать влияние управляющих органов на состояние оборудования, производить операции пуска/останова ТУ и т.п. При этом инструктору дана неограниченная свобода импровизации – он может самостоятельно управлять процессом, создавать любые аварийные ситуации и ставить задачи обучаемым. При выборе режима «экзамен» программа попросит выбрать нужный сценарий из возможного списка либо сделать выбор случайным образом. Результаты экзамена сохраняются на диске в виде html-файла с таблицами и могут быть тут же распечатаны. Выводится следующая информация: дата и время экзамена, имя экзаменуемого, название пройденного сценария, оценка по 50-балльной шкале и продолжительность экзамена; а также все ошибочные и пропущенные действия с начисленными за них штрафами. Также могут быть распечатаны графики переходных процессов и действий обучаемого.

Заказчик обычно требует индивидуального подхода и составления достаточно подробной модели его конкретного оборудования. Программное обеспечение позволяет создавать модели с большим числом управляемых объектов. Используемая здесь технология составления моделей сложных сетей трубопроводов и арматуры позволяет удовлетворить все индивидуальные требования заказчика в реальные сроки и удешевить стоимость заказа. Опыт эксплуатации показывает, что на данных программах могут проводиться различные тренировки оперативного персонала как внутрицеховые, так и общестанционные (для тренажерного комплекса ТЭЦ, ГРЭС). Универсальность тренажерного комплекса позволяет использовать его в различных отраслях промышленности. Необходимо также отметить достаточную открытость

тренажерного комплекса. Предоставление заказчику средств редактирования модели редко бывает целесообразным ввиду специфики задач моделирования. Но тренажерный комплекс всегда предоставляет средства редактирования и создания новых аварийных сценариев.

#### **4. Выводы:**

- Качественные компьютерные модели могут оказать неоценимую помощь при анализе и стратегического прогнозировании работы предприятия – как с точки зрения накопления статистики, так и путем проведения машинного эксперимента по воспроизведению различных ситуаций.
- Инструментальные средства данных программ позволяют моделировать сложные объекты и динамические процессы в них. Методы имитационного моделирования, применяемые в таких программах, позволяют максимально приблизить поведение модели к действующему технологическому оборудованию.
- Развитые интеллектуальные сценарии позволяют запрограммировать динамику сложных аварийных ситуаций и получить интегральную оценку действий обучаемого по разнообразным критериям, включая контроль текущего и итогового состояния модели.
- Проведение своевременного расчёта, предоставление информации и на основе этого анализ работы оборудования позволяет принять объективное решение по режимам его работы и прогнозировать организацию эксплуатационных нагрузок в требуемые периоды времени.

#### **Список литературы**

1. Глушков И.В. Подготовка оперативного персонала технологических установок с помощью специальных компьютерных программ: инструментальные средства, методический и практический опыт / И.В. Глушков // Журнал «Автоматизация в промышленности», г. Москва, июль 2011.

2. <https://volga-innovation.com/>

3. Инновационные тренажерные программы для подготовки специалистов котлотурбинных цехов. Международная научно-техническая конференция «Вопросы разработки многоцелевых тренажеров», Москва, 2021г.

4. Подготовка оперативного персонала электроцехов с помощью специальных компьютерных программ: инструментальные средства, практический опыт. Международная научно-техническая конференция «Вопросы разработки многоцелевых тренажеров», Москва, 2021г.

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.В. Козлов, М.А. Афонин, Т.Б. Чистякова  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет),  
г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* В работе описывается программный комплекс, позволяющий рассчитать равновесный состав экстракционной системы для извлечения редкоземельных элементов с произвольной топологией связей между аппаратами по двум фазам. Результатами работы программы являются полученные в табличном и графическом видах профили концентраций компонентов в органической и водной фазах экстракционного каскада в зависимости от характеристик экстрактора и состава фаз. С помощью разработанного программного комплекса исследователь, знающий константы образования химических форм в экстракционной системе, при рассмотрении конкретного варианта возможной технологической схемы может оперативно получить оценку результатов работы такой схемы, что будет способствовать повышению эффективности работы инженера-проектировщика и позволит значительно сократить сроки разработки технологий и, соответственно, ввода в эксплуатацию производств по получению редкоземельной продукции из различных источников сырья.

Редкоземельные элементы (РЗЭ): лантаниды, а также часто причисляемые к этой группе иттрий и скандий, имеют стратегическое значение для всех развитых стран мирового сообщества. Роль РЗЭ в современной науке и технике исключительно велика. Развитие таких высокотехнологичных отраслей промышленности, как атомная энергетика и некоторые виды альтернативной энергетике (ветровая), авиакосмическая техника, электроника, производство лазеров, супермагнитов, легированных сталей, автомобильная промышленность, оборонно-промышленный комплекс и многих других, связано с использованием РЗЭ и их химических соединений [1]. Степень использования РЗЭ во многом определяет уровень технологического развития страны. Потребность в РЗЭ и их соединениях неуклонно возрастает. Прогнозируется, что в ближайшее время потребление РЗЭ будет превышать их мировое производство.

В настоящее время разрабатывается целый ряд проектов, связанных с освоением новых месторождений РЗЭ и реанимацией законсервированных заводов, которые находятся в разной степени реализации. Естественно, и перед Россией стоит задача воссоздания собственного полного цикла производства редкоземельной продукции для удовлетворения внутренних потребностей, а также для экспорта. После распада СССР основные вовлеченные в переработку сырьевые источники РЗЭ и перерабатывающие редкоземельное сырье предприятия остались за пределами России. Единственным источником вовлеченного в переработку редкоземельного сырья в России являются в настоящее время лопаритовые руды Ловозерского месторождения. Однако низкая экономическая эффективность отработки Ловозерского месторождения, обусловленная его расположением на Крайнем Севере, трудными

горнотехническими условиями, преимущественно подземной отработкой, сложной технологией обогащения и переработки руд, высокой стоимостью переработки лопаритовых концентратов привели к существенному снижению производительности Ловозерского горно-обогатительного комбината. Вовлечение в переработку руд Томторского (Якутия) и Чуктуконского (Красноярский край) месторождений – вопрос более или менее отдаленного будущего в силу ряда обстоятельств. Альтернативой является использование в качестве источника получения РЗЭ и их соединений бедного некондиционного минерального сырья, техногенных отходов и вторичного сырья. В связи с этим актуальной становятся разработка и внедрение технологий извлечения РЗЭ из подобного сырья, в частности, попутного извлечения РЗЭ из апатитов при переработке последних на минеральные удобрения, из отходов производства супермагнитов и из других материалов. Это требует пересмотра существующих методов и принципов переработки минерального сырья.

В промышленности РЗЭ находят применение не только в виде смесей, но и в виде индивидуальных РЗЭ, причем, принимая во внимание тенденции развития мировой промышленности и возрастающие требования к исходным материалам, можно утверждать, что доля индивидуальных РЗЭ, в том числе высокочистых, будет только возрастать. В настоящее время в России отсутствует промышленное производство индивидуальных редкоземельных элементов. В связи с этим должны быть решены вопросы не только извлечения суммы РЗЭ из различных видов сырья, но и их разделения, очистки и выделения в виде соединений индивидуальных РЗЭ.

В работе [2] проведено исследование поведения экстракционных систем с экстрагентом на основе три-н-бутилфосфата (ТБФ), результаты которого положены в основу программного комплекса, предназначенного для расчета экстракционных систем с любой схемой соединения экстракторов с использованием стандартной химической информации о величинах констант экстракции и константах комплексообразования химических форм, представленных в системе. На основе примененного в работах [2-4] подхода разработана программа, позволяющая рассчитывать системы, насчитывающие до 65 экстракционных ступеней, 16 базовых химических форм и 60 образующихся химических форм. Каждая ступень может быть связана потоками органической и водной фаз со всеми остальными ступенями, включая связь с собой, а также может иметь входные и выходные потоки органической и водной фаз, связывающие экстракционную систему (как целое) с остальными компонентами технологической схемы, включающей моделируемую экстракционную систему. Состав водной и органической фазы может быть абсолютно произвольным. Например, экстрагентов может быть несколько как в отдельных аппаратах, так и несколько экстрагентов в одном аппарате, водная фаза может содержать комплексоны или высаливающие агенты и т.д. Необходимо лишь знать константы образования химических форм, образующихся в системе. Поскольку определение констант равновесия является уже стандартной задачей для обычной химической лаборатории, то определение недостающей информации о комплексообразовании в системе не представляет

принципиальных затруднений. Таким образом, нет необходимости изучать поведение каждого элемента в сложной экстракционной системе, а достаточно изучить его поведение индивидуально.

Применение в экстракционной технологии разделения веществ систем, в которых реализована сложная топология связей между аппаратами по водной и органической фазам сдерживается вследствие того, что не существует универсальных алгоритмов вычисления экстракционного распределения элементов. Для существующих алгоритмов расчета [5] зачастую требуется знание аналитических зависимостей коэффициентов распределения элементов в различных условиях. Получение таких зависимостей требует огромной экспериментальной работы, для того чтобы охватить все возможные комбинации условий, которые встречаются на практике.

Модуль расчета материального баланса разделения РЗЭ является основной частью комплекса и предназначен для расчета экстракционных установок с произвольной схемой соединения экстракторов, причем он должен предусматривать связь каждой экстракционной ступени со всеми остальными для любого состава водной и органической фаз. В основе разработанного подхода лежит матричное представление химических равновесий, протекающих в органической и водной фазах экстракционной системы [1-3]. Вычислительный блок взаимодействует с модулем ввода информации, необходимой для осуществления расчетов; к ней относятся величины констант экстракции и констант комплексообразования химических форм, представленных в системе. Информационное обеспечение системы моделирования включает базы данных характеристик минерального сырья, оборудования, технологических режимов, а также программно-алгоритмических средств их настройки на различные модификации аппаратурно-технологического оформления операций извлечения и разделения и разные типы сырья. Интерфейс исследователя осуществляет интеграцию информационного и программного обеспечения для моделирования операций извлечения и разделения РЗЭ в единый программный комплекс.

Программный комплекс позволит исследователю при рассмотрении конкретного варианта возможной технологической схемы оперативно получить оценку результатов работы такой схемы, что будет способствовать повышению эффективности работы инженера-проектировщика и позволит значительно сократить сроки ввода в эксплуатацию производств по получению редкоземельной продукции.

В качестве индустриального партнера данного проекта выступает ООО «Русредмет» [6]. Эта компания на протяжении длительного времени успешно занимается проблемами извлечения, очистки и разделения РЗЭ, в том числе, с получением соединений индивидуальных РЗЭ высокой степени чистоты, является признанным разработчиком технологий и поставщиком оборудования для предприятий различного профиля редкометалльной отрасли, имеет большой опыт в реализации разработанных технологий на производстве. Есть все основания предполагать, что результаты выполнения прикладных научных исследований будут широко внедрены при разработке и последующем

внедрении технологий в промышленном масштабе на целом ряде предприятий РФ.

Программный комплекс может быть востребован на предприятиях, в процессе основной деятельности которых образуются крупнотоннажные отходы с низким содержанием РЗЭ: производители минеральных удобрения из апатитового концентрата (ОАО «Акрон», ОАО «ФосАгро», ОАО «Уралхим» и др.); производители алюминия – компании, входящие в ОК «Русал»; ОАО «УГМК» и др.

### Список литературы

1. Поляков Е.Г. *Металлургия редкоземельных металлов* / Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов. – М.: *Металлургиздат*, 2018. – 732 с.

2. Афонин М.А. *Описание экстракции азотной, плавиковой и фосфорной кислоты три-н-бутилфосфатом* / М.А. Афонин // *Известия СПбГТИ(ТУ)*. – 2013. – № 20. – С. 22–29.

3. *Оптимизация технологии получения редкоземельной продукции по результатам расчета экстракционных каскадов: отчет о НИР: 05-2012 / СПбГТИ(ТУ); рук. М. А. Афонин; исполн. М. А. Афонин.* – СПб, 2012. – 68 с.

4. Козлов А.В. *Математическое моделирование экстракции редкоземельных элементов* / А.В. Козлов, М.А. Афонин // *Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики».* – Воронеж, ВГУ, 2017. – С. 720-724.

5. Вольдман Г.М. *Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для вузов* / В.Г. Вольдман, А.Н. Зеликман. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: *Интернет Инжиниринг*, 2003. – 264 с.

6. *Инженерный химико-технологический центр «Русредмет» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rusredmet.ru>, свободный.* – Загл. с экрана.

## АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СПОСОБАМ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В ПОЛЕЗНУЮ ПРОДУКЦИЮ

Т.Б. Чистякова, И.В. Новожилова

Санкт-Петербургский государственный технологический институт

(технический университет),

г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* Предложена клиент-серверная архитектура компьютерной системы поддержки принятия решений, позволяющая на основе настраиваемой производственно-фреймовой модели представления знаний формировать технологическую карту процессов переработки вторичных полимерных материалов (полиэтиленов, полипропиленов, полиэтилентерефталатов) в полезные изделия технического назначения (емкости, полимерные упаковочные материалы и др.). Компьютерная система направлена на исследование жизненного цикла процессов химической переработки вторичных полимерных

*материалов, что позволяет решать задачу ресурсосберегающего управления, утилизации и переработки промышленных отходов, а также защиты окружающей среды.*

## **Введение**

На территории РФ к настоящему времени накоплено около 40 млрд. тонн твердых и жидких промышленных отходов, под размещение которых, по экспертным оценкам, занято от 4 до 7 млн. га земли. Темп образования промышленных отходов составляет 5-7 % в год [1]. При этом стоимость обработки и уничтожения полимерных отходов в России, в частности в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, примерно в 8 раз превышает расходы на обработку большинства промышленных и почти в три раза – на уничтожение бытовых отходов. Это связано со специфическими особенностями полимерных материалов, значительно затрудняющими или делающими непригодными известные методы уничтожения твердых отходов. Основным способом использования полимерных отходов является их утилизация, т.е. повторное использование для производства полезной продукции технического назначения [2, 3]. Утилизация является не только экономически целесообразным, но и экологически значимым решением проблемы использования отходов. Вторичное использование полимерных материалов решает комплекс вопросов по защите окружающей среды: сокращает потребности в первичном сырье; уменьшает загрязнения окружающей среды; освобождает трудовые ресурсы из процессов переработки сырья [4, 5]. Таким образом, разработка системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию является актуальной и практически значимой задачей. Компьютерная система позволяет на основе продукционно-фреймовой модели представления знаний формировать технологическую карту процессов переработки отходов изделий из полипропиленов, полиэтиленов, поликарбонатов, полиэтилентерефталатов в полезную продукцию (полимерные изделия технического назначения) с учетом технико-экономической оценки производства.

## **Жизненный цикл процессов переработки полимерных отходов в полезную продукцию**

Система поддержки принятия решений направлена на исследование жизненного цикла процессов химической переработки отходов (вторичных полимерных материалов), включающего следующие ключевые этапы [6]:

1) Маркетинговое исследование потребности рынка во вторичных полимерных изделиях.

2) Разработка рецептуры композиционной смеси на основе вторичных полимерных материалов (определение состава сырья для изготовления технического изделия с заданными требованиями по качеству и потребительским характеристикам).

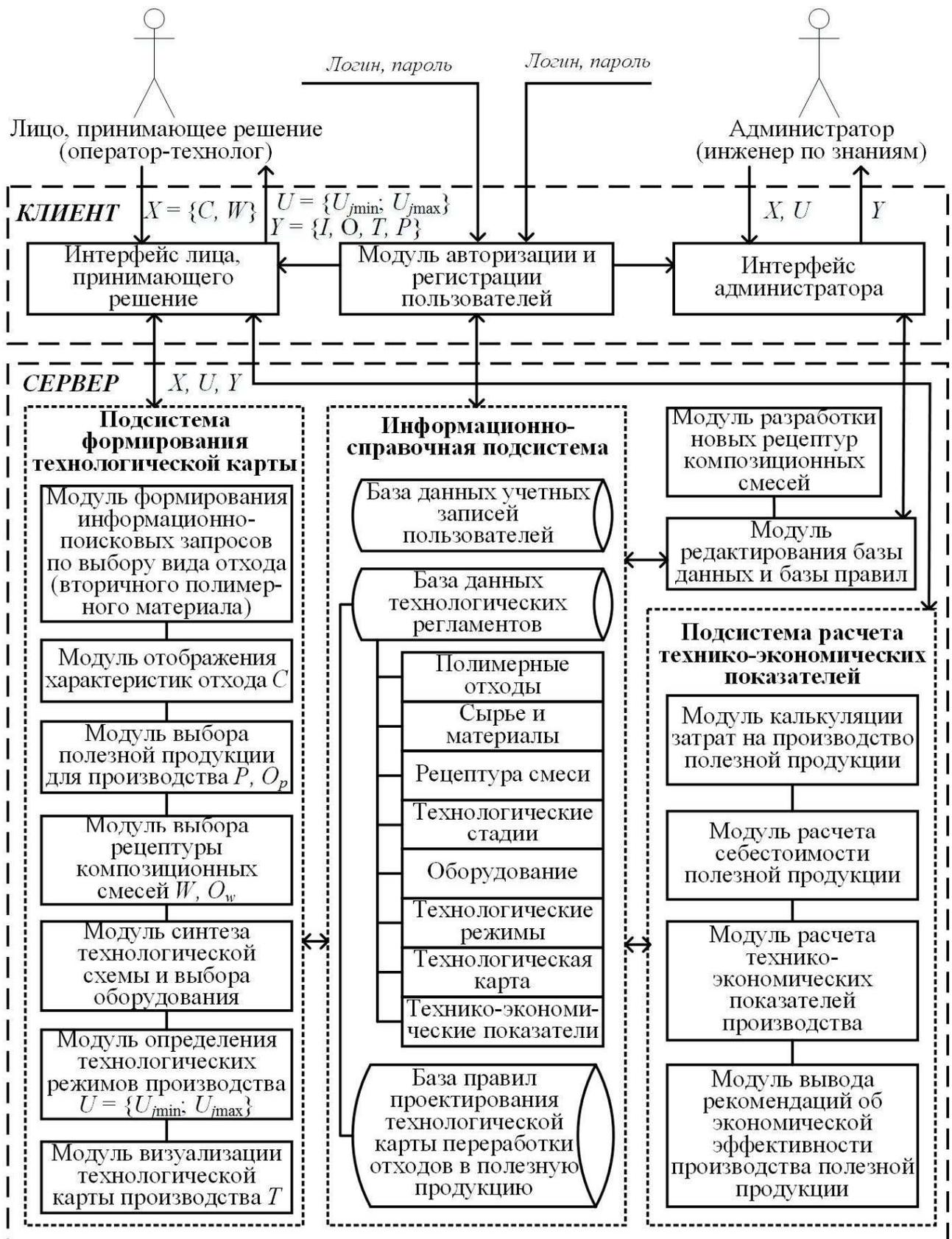
3) Определение последовательности технологических стадий, оборудования, диапазонов технологических режимов каждого из элементов технологической схемы для выпуска полезной продукции заданного качества.

4) Формирование технологической карты процесса производства заданного изделия с учетом требований экологической безопасности.

5) Определение общей технико-экономической оценки жизненного цикла технического изделия с учетом анализа планово-экономической и маркетинговой деятельности полимерного производства, расчета проектной себестоимости и технико-экономических показателей продукции.

С учетом этапов жизненного цикла процессов переработки полимерных отходов формализованное описание процесса формирования технологической карты как объекта исследования можно представить в виде совокупности векторов  $Y = f(X, U)$ , где  $X = \{C, W\}$  – вектор входных переменных:  $C = \{K, A, S, Z\}$  – характеристика отхода  $K$  – класс опасности,  $A$  – агрегатное состояние отхода,  $S$  – область получения отхода,  $Z$  – тип происхождения отхода;  $W$  – характеристики сырья (наименование, физико-химические свойства);  $U = \{U_{j\min}; U_{j\max}\}$  – вектор управляющих воздействий:  $U_{j\min}; U_{j\max}$  – диапазоны изменения технологических режимов на стадиях производства;  $Y = \{I, O, T, P\}$  – вектор выходных переменных, где  $I$  – информация об отходе и его классе опасности,  $O = \{O_w, O_p\}$  – основные показатели качества сырья  $W$  (например, плотность, размер гранул, показатель текучести расплава, прочность при разрыве, влажность) и полезного полимерного продукта  $P$  (например, внешний вид, цвет, миграция красителя, санитарно-гигиенические показатели безопасности);  $T$  – технологическая карта процесса производства полезного продукта (технического полимерного изделия) из вторичного сырья  $W$ ;  $P$  – характеристика итогового полезного продукта (наименование, назначение, показатели качества, технико-экономические показатели).

На основании предложенного формализованного описания задача поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию сформулирована следующим образом: для выпуска определенного типа полимерного изделия  $P$  с заданными требованиями по качеству и потребительским характеристикам  $O_p$  необходимо разработать рецептуру композиционной смеси  $W$  на основе вторичных полимерных материалов  $C = \{K, A, S, Z\}$ , сформировать технологическую карту производства с указанием последовательности технологических стадий, оборудования, диапазонов технологических режимов  $[U_{j\min}; U_{j\max}]$  каждого из элементов технологической схемы, а также выдать рекомендации по общей технико-экономической оценке жизненного цикла изделия с учетом анализа планово-экономической и маркетинговой деятельности полимерного производства. Основными технико-экономическими показателями для оценки эффективности производства являются: годовой выпуск продукции, себестоимость и оптовая цена единицы продукции, прибыль от реализации продукции, в том числе от реализации композиционной смеси, чистая прибыль, рентабельность продаж, доля использования отходов и предотвращенного экологического ущерба.



Архитектура системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию

## **Архитектура системы поддержки принятия решений**

Архитектура системы поддержки принятия решений представлена на рисунке в виде модели «клиент-сервер», где клиентская подсистема включает интерфейсы пользователей (лица принимающего решение – исследователя и инженера по знаниям), а серверная подсистема включает реляционную базу данных технологических регламентов, характеристик промышленных отходов и полезной полимерной продукции, базу производственных правил переработки отходов, модуль визуализации технологической карты переработки отходов, включающей информацию о характеристиках сырья, показателях качества готовых технических изделий, свойствах используемых отходов, стадиях, оборудовании и технологических режимах производства. Ядром системы является база производственных правил, позволяющая на основе выбранного вида полимерного отхода формировать информацию о его ключевых свойствах, рецептуре композиционной смеси, а также полезной продукции, доступной для производства на основе технологий переработки выбранного вида отхода. База данных системы состоит из 21 таблицы, включающих 85 полей, и 19 связей. Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений настраивается на различные характеристики процессов вторичной переработки полимерных отходов путем изменения диапазонов соответствующих параметров. Для разработки информационного обеспечения использована система управления базами данных Microsoft SQL Server. Для разработки программного обеспечения использована инструментальная среда Visual Studio, язык C#.

## **Заключение**

Проведено комплексное исследование процессов переработки вторичных полимерных материалов в полезную продукцию технического назначения. Анализ показал необходимость разработки модульной, адаптивной архитектуры компьютерной системы поддержки принятия решений, настраиваемой на различное аппаратурно-технологическое оформление производства, ассортимент выпускаемой полимерной продукции, разнородное сырье (композиционные смеси), производительность, требования к качеству материалов (полезной продукции).

Работоспособность системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию подтверждена на примере данных ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды». Использование компьютерной системы позволяет сократить временные затраты на решение задачи перенастройки производства на новый вид продукции, задачи технико-экономической оценки производства, а также улучшить экологические характеристики производственной среды за счет решения задачи ресурсосберегающего управления процессами переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029 Разработка комплекса технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов).*

## Список литературы

1. Российский научный фонд. Карточка проекта, поддержанного российским научным фондом: сайт. – М., 2021. – URL: <https://rscf.ru/project/21-79-30029/> (дата обращения: 28.03.2022).
2. Chistyakova T.B. *Scientific and educational complex for resource-saving management of life cycle of processes and processing of secondary polymeric materials* / T.B. Chistyakova, S.P. Kozlova, Yu.I. Shlyago, I.V. Novozhilova // *XXI Mendellev Congress on General and Applied Chemistry. Book 3. Abstracts.* – Saint Petersburg, 2019. – P. 197.
3. Бурмистров А.Н. Подготовка инженеров и комплексных команд для импортозамещения в Санкт-Петербурге: стратегия, опыт и возможности / А.Н. Бурмистров, С.П. Козлова, О.В. Калинина // В сборнике: Неделя науки СПбПУ, 2015. – С. 103-110.
4. Meshalkin V.P. and Khodchenko S.M. *The nature and types of engineering of energy- and resource-efficient chemical process systems.* *Polym. Sci. Ser. D* (2017) 10: 347. DOI: 10.1134/S1995421217040128
5. Makarova A., Tarasova N., Meshalkin V., Kukushkin I., Kudryavtseva E., Kantyukov R., and Reshetova E. (2018). *Analysis of the management system in the field of environmental protection of russian chemical companies.* *International Journal for Quality Research.* 12. 43-62. doi: 10.18421/IJQR12.01-03.
6. T. B. Chistyakova and I. V. Novozhilova, "Computer System for Training Specialists in the Field of Production Life Cycle Management and Recycling of Polymer Materials," 2019 III International Conference on Control in Technical Systems (CTS), St. Petersburg, Russia, 2019, pp. 188-191, doi: 10.1109/CTS48763.2019.8973363.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.Н. Петров, Т.Б. Чистякова, Д.В. Алтунина  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет),  
г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** Рассмотрена проблематика оценки качества корпоративных веб-ресурсов. Обоснована разработка системы автоматизированного тестирования корпоративных веб-приложений. Представлена функциональная архитектура системы автоматизированного тестирования веб-приложений с описанием ее базовых компонентов. Перечислены инструментальные и прикладные программные средства и технологии разработки системы автоматизированного тестирования. Использование предлагаемого программного обеспечения позволяет сократить временные и финансовые затраты на планирование, проведение и анализ результатов комплексных испытаний корпоративного веб-приложения, повысить степень соответствия объекта испытаний требованиям ссылочной целостности, производительности, кроссбраузерности, эргономики, надежности, защищенности при идентификации и локализации дефектов в ручном и автоматизированном режимах исполнения юнит-тестов.

С развитием и повышением доступности Интернет-технологий, полнофункциональных программных средств для разработки веб-систем в начале XXI века наблюдается массовый переход предприятий от «настольных» приложений к автоматизированным информационным системам и сервисам на основе веб-технологий. Данный переход способствовал стремительному росту количества веб-разработчиков, повышающих свой профессиональный уровень, решая прикладные задачи разработки от небольших локальных корпоративных веб-порталов до крупномасштабных веб-сервисов массового обслуживания и государственных информационных систем. С каждым годом все более ужесточаются требования к качественным показателям веб-приложений: функциональным характеристикам, показателям надежности, безопасности, эргономики. Не редко со стороны государственных и муниципальных органов выдвигаются требования к наличию на веб-ресурсе предприятия определенных данных мониторинга. Поэтому комплексную оценку качества даже небольшого корпоративного информационного веб-ресурса следует проводить каждый раз после манипуляций с данными и структурой, что сложно реализуемо в ручном режиме. Использованию полнофункциональных инструментов для автоматизированного тестирования веб-приложений препятствует стоимость специальных программных средств фирмы Rational Software или HP. Некоммерческие программные средства для веб-разработчика от компаний Яндекс или Google ограничены в функционале, не позволяют планировать комплексные испытания без утечки конфиденциальных данных. Поэтому на базе некоммерческих программных продуктов (Open Source Software) с использованием технологии Rapid Application Development по методологии Agile обоснована разработка прикладной системы автоматизированного тестирования корпоративных веб-приложений, функциональная архитектура которой представлена на рисунке.



Функциональная архитектура системы автоматизированного тестирования корпоративных веб-приложений

В составе системы автоматизированного тестирования корпоративных веб-приложений четыре функционирующие подсистемы.

Информационная подсистема используется для управления справочными данными, исходными данными, редактирования сведений об объектах тестирования, настройки подключения к базе данных (БД) и файловому серверу (СХД), для управления учетными записями пользователей. Метаданными объекта тестирования являются: наименование, IP-адрес, доменное имя, веб-адрес (URL) главной страницы, название организации-владельца, авторы, временная зона расположения веб-ресурса, дата/время последнего обновления. Техническими метаданными являются: технологическая платформа, языки программирования, название веб-сервера и сервера БД. Дерево ссылок объекта тестирования отражает его структуру и строится с использованием регулярных выражений (RegExр) для поиска всех внешних и внутренних URL и рекурсивного алгоритма обхода. Корнем дерева ссылок является URL главной страницы, ветви – внутренние URL страницы, имеющие в HTML-коде URL, листья дерева ссылок – внешние URL, внутренние ссылки на файлы документов или ресурсов, внутренние URL страниц, не имеющих в HTML-коде URL.

Подсистема управления юнит-тестами предназначена для разработки и планирования сценариев тестирования по четырем направлениям и видам сценария тестирования – позитивному или негативному. С использованием модуля редактирования пользователь добавляет юнит-тест с указанием его порядкового номера, типа сценария, исходных данных (например, название и версия веб-обозревателя, разрешение дисплея), ожидаемого результата. Для тестирования кроссбраузерности и эргономики используются дисплейные фрагменты страниц сайта с его нормальным (ожидаемым) отображением.

Подсистема исполнения юнит-тестов поддерживает ручной и пакетный (автоматизированный) режим работы. Служба отложенного исполнения юнит-тестов, работающая в фоновом режиме, настраивается администратором на запуск по временному интервалу или по наступлению события (изменение структуры или данных на отслеживаемых страницах веб-ресурса). Модуль регистрации результатов исполнения юнит-тестов выполняет не только отправку данных испытаний в БД и СХД, но и проводит фактографический анализ соответствия ожидаемого результата тестирования полученному (фактическому) результату. При этом анализ результатов тестирования кроссбраузерности и эргономики выполняется тестирующим визуально сравнением дисплейных фрагментов страниц веб-приложения, полученных на заданных веб-обозревателях при заданных разрешениях дисплея. В перспективе возможно использование интеллектуального модуля распознавания и сравнения изображений для автоматизации тестирования кроссбраузерности и эргономики.

Подсистема визуализации и отчетности содержит инструменты для загрузки из БД и СХД, отображения и экспорта в унифицированные форматы (xlsx и pdf) результатов тестирования в табличном виде и в виде дисплейных фрагментов веб-страниц с ожидаемым и фактическим отображением.

Прикладное программное обеспечение реализует следующие направления тестирования: ссылочная целостность и скорость доступа к ресурсам, функциональная пригодность, наличие и полнота данных (при использовании компонента HtmlAgilityPack), кроссбраузерность и эргономика (с применением

интегрированной среды разработки Selenium IDE и драйверов современных веб-обозревателей [1]), тестирование надежности и уязвимости (средствами утилиты cURL и архитектуры RESTful [2]).

В основе информационного обеспечения системы автоматизированного тестирования – реляционная БД под управлением СУБД MariaDB, прикладное программное обеспечение разрабатывается в среде Microsoft Visual Studio на языке Visual C#. Объектами испытаний для отладки и внедрения системы автоматизированного тестирования являются веб-ресурсы Лабораторий Мирового Уровня [3].

Графические интерфейсы клиент-серверной системы автоматизированного тестирования построены с учетом требований к универсальности, эргономики и детализации отчетов для исследования соответствия объекта тестирования предъявленным к нему требованиям.

Использование предлагаемой системы автоматизированного тестирования корпоративных веб-приложений сокращает временные и финансовые затраты предприятия на планирование, проведение и анализ результатов комплексных испытаний, поддерживает гибкую модель распределенной разработки программного обеспечения, позволяет в ручном и автоматизированном режимах исполнения юнит-тестов оперативную идентификацию и локализацию дефектов при несоответствии заявленным требованиям ссылочной целостности, производительности, кроссбраузерности, эргономики, надежности, защищенности корпоративных веб-приложений.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-30029).*

### **Список литературы**

1. Набиева Д.В. Разработка инструмента автоматизированного тестирования / Д.В. Набиева, Г.Н. Верхотурова // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ittds'2020): Труды VIII Всероссийской научной конференции (с приглашением зарубежных ученых). В 2-х томах., Уфа, 06–09 октября 2020 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 44-46.

2. Karlsson S. QuickREST: Property-based Test Generation of OpenAPI-Described RESTful APIs / S. Karlsson, A. Causevic, D. Sundmark // Proceedings – 2020 IEEE 13th International Conference on Software Testing, Verification and Validation, ICST 2020 : 13, Porto, 23–27 марта 2020 г. – Porto, 2020. – P. 131-141. – DOI 10.1109/ICST46399.2020.00023.

3. Лаборатории Мирового Уровня: официальные сайты. – URL: <https://worldlab.technolog.edu.ru>, <http://mol-pharm.com> (дата обращения 30.03.2022).

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

О.Е. Шашихина, Т.Б. Чистякова

Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет),  
г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы актуальности разработки специализированной компьютерной системы, позволяющей на основе проблемно-ориентированных методов оптимизации автоматизировать процесс формирования оптимальных производственных расписаний и тем самым повысить эффективность процесса календарного планирования для различных гибких многоассортиментных производств. Предлагаемая компьютерная система обладает архитектурой и пользовательскими интерфейсами, функционально соответствующими требованиям производственного управленческого персонала и обеспечивающими возможность оперативной и эргономичной настройки на конкретное производство, ассортимент продукции и конфигурации оборудования.

Оптимизация процесса календарного планирования и составления производственных расписаний является основой для экономически и ресурсно эффективного функционирования современных многоассортиментных предприятий [1]. Поиск оптимальной последовательности изготовления заказов для составления производственного расписания является комбинаторной NP-трудной задачей большой размерности, требующей при её решении учёта различного ассортимента продукции и множества конфигураций производственных линий. Автоматизация решения таких задач характеризуется значительной вычислительной сложностью, обусловленной требуемой оперативностью получения решений, обеспечением возможности перепланирования и необходимостью осуществлять поиск оптимального решения в большом пространстве поиска на множестве допустимых решений за приемлемое время.

В настоящее время на рынке представлено достаточно большое количество разнообразных систем автоматизации производственного планирования, активно ведутся научные исследования, связанные с математическим и программным обеспечением подобных систем. Тем не менее, существующие программные решения обладают рядом ограничений по их применению.

Предлагаемая компьютерная система разработана для современных инновационных крупнотоннажных производств, характеризующихся множественностью и сложностью технологических связей, большим ассортиментом продукции, множеством видов и конфигураций оборудования [2, 3].

Изготовление продукции на предприятиях такого класса ведется на сложном оборудовании различных конфигураций (от 1 до 5 производственных линий). Оборудование является перенастраиваемым, производственные линии характеризуются многовариантностью работы по сырью, продукции и

производительности (среднее количество вариантов перенастроек  $>5$ ). Поскольку производства являются многоассортиментными (до 500 видов продукции в различных категориях), для перехода с изготовления одного типа продукции на другой требуется большое количество перенастроек оборудования.

В рамках планирования данного класса производств комбинаторная задача поиска оптимальной очередности изготовления заказов для составления календарного расписания является задачей большой размерности: в задаче планирования могут участвовать до 500 разнотипных производственных заказов, 1-5 производственные линии, возможное количество вариантов распределения  $N$  заказов по  $M$  производственным линиям:  $((N+M-1)!)/(M-1)!$ . К примеру, существует 39916800 вариантов решений распределения 10 заказов по 2 линиям. Поэтому актуальной является разработка специализированной гибкой проблемно-ориентированной компьютерной системы для автоматизации процесса производственного планирования.

В общем виде постановка задачи оптимального планирования производств формулируется следующим образом: для заданного вектора входных параметров  $X = (O, E, Pd)$  требуется найти такое значение вектора варьируемых параметров  $Q^{opt} = \{(j, \tau_{oi}, k, \tau_i) \mid j = 1, Me, k = 1, L, L \in N, i = 1, N\}$ , т.е. такое оптимальное размещение для  $N$  заказов на  $Me$  производственных линиях в рамках периода планирования  $[\tau_b, \tau_e]$ , которое обеспечит экстремум целевой функции:  $F \rightarrow \min (\max)$ , где  $O = \{O_i, i = 1, N\}$  – вектор описывающий множество заказов, которые необходимо распределить по производственным линиям;  $E = \{E_j, j = 1, Me\}$  – набор производственных линий (машин, агрегатов, рабочих центров и др.);  $Pd = (\tau_o, Y_{cr})$  – вектор, описывающий параметры планирования, где  $\tau_o = [\tau_b, \tau_e]$  – параметр, определяющий период планирования,  $\tau_b$  – дата начала периода планирования;  $\tau_e$  – дата окончания периода планирования;  $Y_{cr}$  – параметр, определяющий критерий оптимизации.

Вектором варьируемых параметров является  $Q = \{Q_i \mid Q = (j, \tau_{oi}, k, \tau_i) \mid j = 1, Me, k = 1, L, L \in N, i = 1, N\}$  – вектор, описывающий распределение заказов по производственным линиям,  $\tau_{oi} \in [\tau_b, \tau_e]$  – дата начала выполнения  $i$ -го заказа (включается в себя дату и время запуска заказа на производство),  $k = 1, L, L \in N$  – порядковый номер выполнения  $i$ -го заказа на  $j$ -ой линии в текущем расписании  $Q$ ,  $L$  – количество заказов, выполняемых на  $j$ -ой линии в расписании  $Q$ ,  $\tau_i$  – время выполнения  $i$ -го заказа.

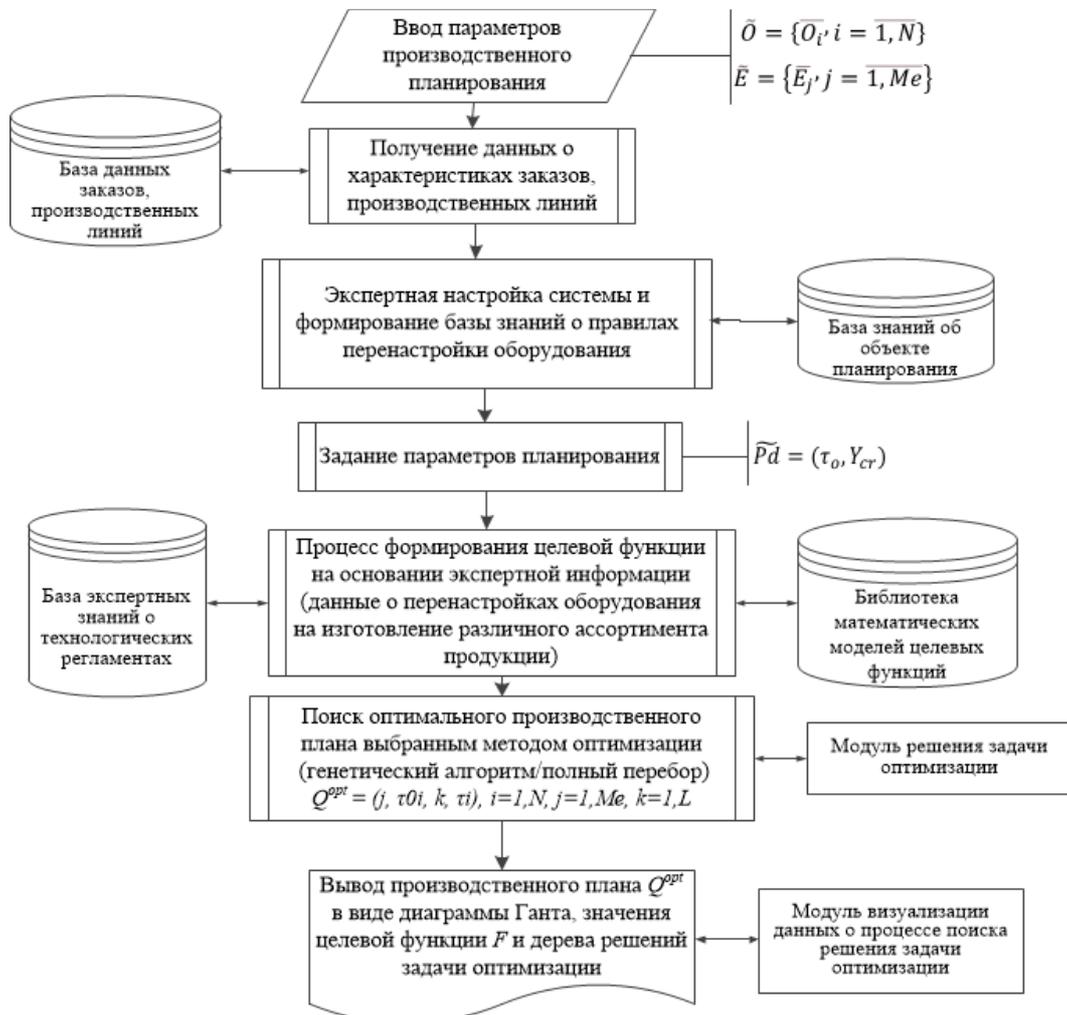
Отличительной особенностью предлагаемой системы является библиотека целевых функций задачи оптимизации. В системе заложена возможность оперативного формирования целевых функций исходя из экспертных знаний об объекте планирования. Далее в процессе постановки задачи календарного планирования пользователь может осуществлять выбор целевой функции для конкретной задачи, указывать диапазоны значений варьируемых параметров и задавать необходимую точность и погрешность решения.

Наиболее часто используемой целевой функцией при решении задач календарного планирования является суммарное время выполнения заказов:

$$F(\tau(Q^{opt})) = (\sum_{i=1}^L \tau_i) + \sum_{k=2}^L \tau(O_{i,k-1}, O_{i,k}) \rightarrow \min,$$

$\tau_i$  – время выполнения  $i$ -го заказа,  $\tau(O_{i,k-1}, O_{i,k})$  – время перенастройки оборудования с предыдущего заказа на текущий,  $k = 1, L, L \in N$ , – порядковый номер выполнения  $i$ -го заказа на  $j$ -ой линии в текущем расписании  $Q^{opt}$ ;  $j$  – номер линии, на которой выполняется заказ;  $L$  – количество заказов, выполняемых на  $j$ -ой линии в расписании  $Q^{opt}$ .

Предлагаемая компьютерная система автоматизации разработана в виде эргономичного десктопного приложения в интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio 2019 с использованием языка программирования C#. На рисунке 1 представлен алгоритм работы компьютерной системы.



Алгоритм работы системы производственного планирования

Пользовательские интерфейсы позволяют специалисту по планированию загружать данные в удобном ему формате и осуществлять выбор метода оптимального планирования в зависимости от размерности задачи. В ходе постановки задачи планирования производственный директор выбирает заказы, участвующие в планировании, производственные линии и задает период планирования. Далее из библиотеки производится выбор вида целевой функции. Решение задачи оптимизации и формирования производственных расписаний осуществляется с помощью математических моделей и программных реализаций

различных оптимизационных алгоритмов (метод полного перебора для задач малых размерностей, генетический алгоритм для задач больших размерностей).

Информационное обеспечение включает обновляемые и дополняемые базы данных. Для корректного формирования вида целевых функций используется экспертная информация о перенастройках оборудования с одного типа продукции на другой. Правила перенастройки представляются в виде производственной модели представления знаний, расчет времени перенастроек производится с помощью имплицативных высказываний.

Визуализацией производственного плана является диаграмма Ганта, дополнительно пользователю предоставляется объясняющая визуализация процесса поиска оптимального производственного плана, позволяющая проследить ход решения задачи оптимизации и улучшение значения целевой функции на различных итерациях поиска.

Для тестирования алгоритма оптимального планирования производств использовались данные заводов по производству полимерных материалов России и Германии. Всего предоставлены данные о 368 заказах, 2-х производственных линиях, 308 типах пленки. В использованном для тестирования производственном плане компании «Maria Soell HTF GmbH» участвуют 58 заказов, планирование производилось на 1,5 месяца. В результате тестирования, построенные с помощью компьютерной системы, производственные планы опережают план, построенный компанией, на 2-5 %, эффект снижения времени достигается за счет уменьшения времени перенастройки между заказами. Тестирование предлагаемой системы доказало эффективность и целесообразность её внедрения для решения задачи формирования оптимального производственного плана.

Открытая архитектура системы обеспечивает возможность расширения функциональности за счет настройки на новый тип производства и его характеристик, а также допускает возможность включения в систему новых методов оптимизации и подключения дополнительных программных модулей.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-30029).*

### **Список литературы**

1. Мешалкин В.П. Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем / В.П. Мешалкин. – М.: РХТУ им Д.И. Менделеева, 2020. – 212 с.

2. Комягина О.Ю. Программный комплекс для оптимального планирования производства многоассортиментных полимерных пленок / О.Ю. Комягина, Т.Б. Чистякова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 1, № 2(64). – С. 379-384.

3. Shashikhina O.E. Computer system for optimal planning of multi-assortment polymer films industrial production. / O.E Shashikhina., T.B. Chistyakova, Ch. Kohlert // Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA 2020), Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. – P. 561–565.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ПОИСКА И АНАЛИЗА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

А.Н. Полосин, Т.Б. Чистякова, Н.С. Русаль  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет),  
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** Описана информационная система (ИС) для поиска и анализа инновационных технологических проектов (ИТП), выполняемых молодыми учеными технического университета (ТУ) по приоритетным направлениям научно-технологического развития России: новые материалы и приборы, химические и интеллектуальные производственные технологии, энергоресурсосбережение, биотехнологии и технологии здоровьесбережения, цифровые технологии. ИС позволяет решать задачу поиска ИТП для заданного интервала времени выполнения и характеристик ИТП и задачу анализа количества и суммарного объема финансирования ИТП для различных научно-технических направлений и научных руководителей ИТП, подразделений и организаций-партнеров ТУ. ИС включает реляционную базу данных (БД) характеристик ИТП, модули формирования поисковых запросов к БД, получения данных и документов (презентаций, договорных и охранных документов) ИТП, анализа ИТП с использованием продукционных правил, визуализации графиков распределений количества и объема финансирования ИТП по времени для различных критериев анализа. ИС реализована в виде веб-приложения. Тестирование ИС на примерах поиска и анализа ИТП по химическим технологиям переработки промышленных отходов и цифровым технологиям ресурсосберегающего управления производствами с переработкой отходов подтвердило ее работоспособность. ИС является эффективным компьютерным инструментом для получения информации о примерах практической реализации ИТП по приоритетным направлениям и объектах интеллектуальной собственности, созданных в результате этих ИТП.*

Основным условием инновационного развития российской экономики, способствующего повышению качества жизни людей, и устойчивого положения России на международном рынке продуктов и услуг является активное внедрение новых наукоемких высокотехнологичных решений, получаемых в результате прикладных исследований и разработок, в промышленность. Поэтому перед ТУ стоит важная задача перехода от традиционной формы проведения научных исследований и разработок к реализации их в виде ИТП по созданию и вводу в употребление инновационных продуктов (ИПр), в выполнении которых принимают участие молодые ученые ТУ (студенты, аспиранты, научные работники, преподаватели) и работники организаций-партнеров ТУ (промышленных предприятий), где планируется внедрение ИПр. Научное руководство ИТП осуществляют ведущие ученые ТУ, возглавляющие передовые научно-педагогические школы, имеющие большой опыт научных исследований и разработок, признанные научной общественностью в России и за рубежом. ИТП выполняются по направлениям, определенным в Стратегии научно-технологического развития России: новые материалы и химические технологии, новые приборы и интеллектуальные производственные технологии, экологически чистая и ресурсосберегающая энергетика, биотехнологии,

персонализированная медицина и технологии здоровьесбережения, цифровые технологии, включая создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [1-4]. Реализация в ТУ практико-ориентированного обучения, стимулирующего участие молодых ученых в выполнении ИТП, способствует наряду с созданием ИПр формированию кадрового обеспечения высокотехнологичных отраслей промышленности. Молодые ученые становятся инновационно активными специалистами, приобретая опыт работы в командах по созданию инновационных решений для производственных объектов и осваивая жизненный цикл технологических инноваций – от идеи разработки до коммерциализации и внедрения ИПр в производство. Множество ИТП, реализованных/реализуемых в ТУ в кооперации с различными организациями-партнерами, их распределенность по разным научно-техническим направлениям, факультетам и кафедрам ТУ повышают сложность оперативного получения систематизированной информации об ИТП. Такая информация необходима при планировании, документировании и оценке экономической эффективности инновационной деятельности ТУ, привлечении промышленных партнеров к научным исследованиям и разработкам, формировании инжиниринговых команд по выполнению комплексных ИТП, изучении имеющегося опыта инновационных разработок для обоснования актуальности и научно-технической новизны планируемых ИТП. Поэтому актуально создание настраиваемой ИС, которая позволяет специалисту по инновационной работе ТУ, научному руководителю ИТП, молодому ученому (исполнителю ИТП) на основе расширяемой БД характеристик ИТП решать задачи поиска и анализа ИТП по различным критериям для получения информации о примерах практической реализации ИТП по стратегическим направлениям, объемах их финансирования и созданных объектах интеллектуальной собственности.

Для построения ИС выполнен анализ характеристик ИТП на примерах ИТП, которые выполняются молодыми учеными ТУ, ставшими победителями Всероссийских конкурсов грантов по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (конкурсы «УМНИК» и «УМНИК – Цифровая Россия»), реализуемой Фондом содействия инновациям для стимулирования массового участия молодежи в инновационной деятельности. Данные ИТП традиционно отличаются сильной практической направленностью и ориентированы на решение задач, поставленных в технологических запросах ведущих отраслей промышленности. Проведенный анализ позволил сформировать информационное описание процедуры поиска и анализа ИТП в виде совокупности векторов входных параметров  $X$ , варьируемых параметров  $U$  и выходных параметров  $Y$  (рис. 1). Входными параметрами являются характеристики  $P_i$  каждого  $i$ -го ИТП из  $m$  ИТП, удовлетворяющих заданным варьируемым параметрам – интервалу времени выполнения ИТП  $[t_0; t_k]$  и критериям поиска  $C_S$  или анализа  $C_A$ . Критериями поиска, анализа являются:  $N_T$ ,  $N_{PR}$ ,  $N_{CT}$ ,  $N_{TF}$  – наименования направления научно-технологического развития, приоритетного направления развития науки и техники, критической технологии и области техники,  $N_{IR}$  – отраслевой технологический запрос,

$K_W$  – ключевые слова и словосочетания,  $N_{SUP}$ ,  $N_{EXC}$  – ФИО научного руководителя и исполнителя,  $N_F$ ,  $N_D$ ,  $N_{PO}$  – наименования факультета, кафедры и организации-партнера. Обработка характеристик ИТП  $P_i$ ,  $i = 1, \dots, m$  позволяет сформировать результаты поиска  $Y_S$  и анализа  $Y_A$ :  $N_{Pi}$  – наименование  $i$ -го ИТП,  $P_{STi} = \{N_{Ti}, N_{PRi}, N_{CTi}, N_{TFi}, N_{IRi}\}$  – вектор характеристик научно-технического направления  $i$ -го ИТП,  $P_{SUPi}$ ,  $P_{EXCi}$  – векторы характеристик научного руководителя ( $N_{SUPi}$ , должность, ученая степень и звание) и исполнителя ( $N_{EXCi}$ , статус, направление подготовки/специальность, образовательная программа, контактные данные молодого ученого)  $i$ -го ИТП,  $P_{FDi}$ ,  $P_{POi}$  – векторы характеристик факультета, кафедры ( $N_{Fi}$ ,  $N_{Di}$ , адреса Интернет-страниц) и организации-партнера ( $N_{POi}$ , адрес сайта, ФИО, должность и контактные данные представителя) по выполнению  $i$ -го ИТП,  $V_{Fi}$  – объем финансирования  $i$ -го ИТП (руб.),  $F_{PRSi}$ ,  $F_{GAI}$ ,  $F_{CAi}$ ,  $F_{PTNi}$  – ссылки на файлы, содержащие презентацию, договор о предоставлении гранта, договор о порядке взаимодействия с ТУ и охранные документы (патенты на изобретения, полезные модели, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, баз данных), полученные в ходе  $i$ -го ИТП,  $n_j = f_j(t)$ ,  $V_j = \square_j(t)$  – распределения количества и суммарного объема финансирования ИТП по времени для  $j$ -го критерия анализа.



Рис. 1. Информационное описание процедуры поиска и анализа ИТП

На основе информационного описания сформулированы задачи поиска и анализа ИТП. Задача поиска: для заданного интервала времени  $[t_0; t_K]$  и критериев поиска  $C_S$  сформировать из БД характеристик ИТП массив характеристик ИТП  $X$ , выполняемых в интервале времени  $[t_0; t_K]$  и удовлетворяющих критериям поиска:  $[\tau_{0i}; \tau_{Ki}] \cap [t_0; t_K] \neq \emptyset \wedge P_{i,l} = C_{Sk}, i = 1, \dots, m, l, k = 1, \dots, |C_S|$ , систематизировать и отобразить характеристики найденных ИТП в виде выходных параметров  $Y_S$ . Задача анализа: для заданного интервала времени  $[t_0; t_K]$  и критериев анализа  $C_A$  сформировать из БД характеристик ИТП массив характеристик ИТП  $X$ , выполняемых в интервале времени  $[t_0; t_K]$  и удовлетворяющих критериям анализа:  $[\tau_{0i}; \tau_{Ki}] \cap [t_0; t_K] \neq \emptyset \wedge P_{i,l} = C_{Aj}, i = 1, \dots, m, l, j = 1, \dots, |C_A|$ , и, используя продукционные правила, сформировать и визуализировать в виде 2D графиков выходные параметры  $Y_A$ . Здесь  $\tau_{0i}, \tau_{Ki}$  – годы начала и окончания выполнения  $i$ -го ИТП,  $P_{i,l}$  – характеристика  $i$ -го ИТП, совпадающая с критерием поиска  $C_{Sk}$  (критерием анализа  $C_{Aj}$ ),  $|C_S|, |C_A|$  – количество критериев поиска (критериев анализа).

Для решения поставленных задач разработана ИС. Анализ архитектуры и функциональных возможностей Единой государственной ИС учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, предназначенной для поиска и анализа отчетов об

указанных работах, диссертаций, результатов интеллектуальной деятельности, позволил обосновать функциональную структуру ИС (рис. 2). ИС реализована как веб-приложение на основе двухзвенной клиент-серверной архитектуры. Это обеспечивает независимость от платформы и операционной системы, а также возможность централизованного администрирования прикладных функций.

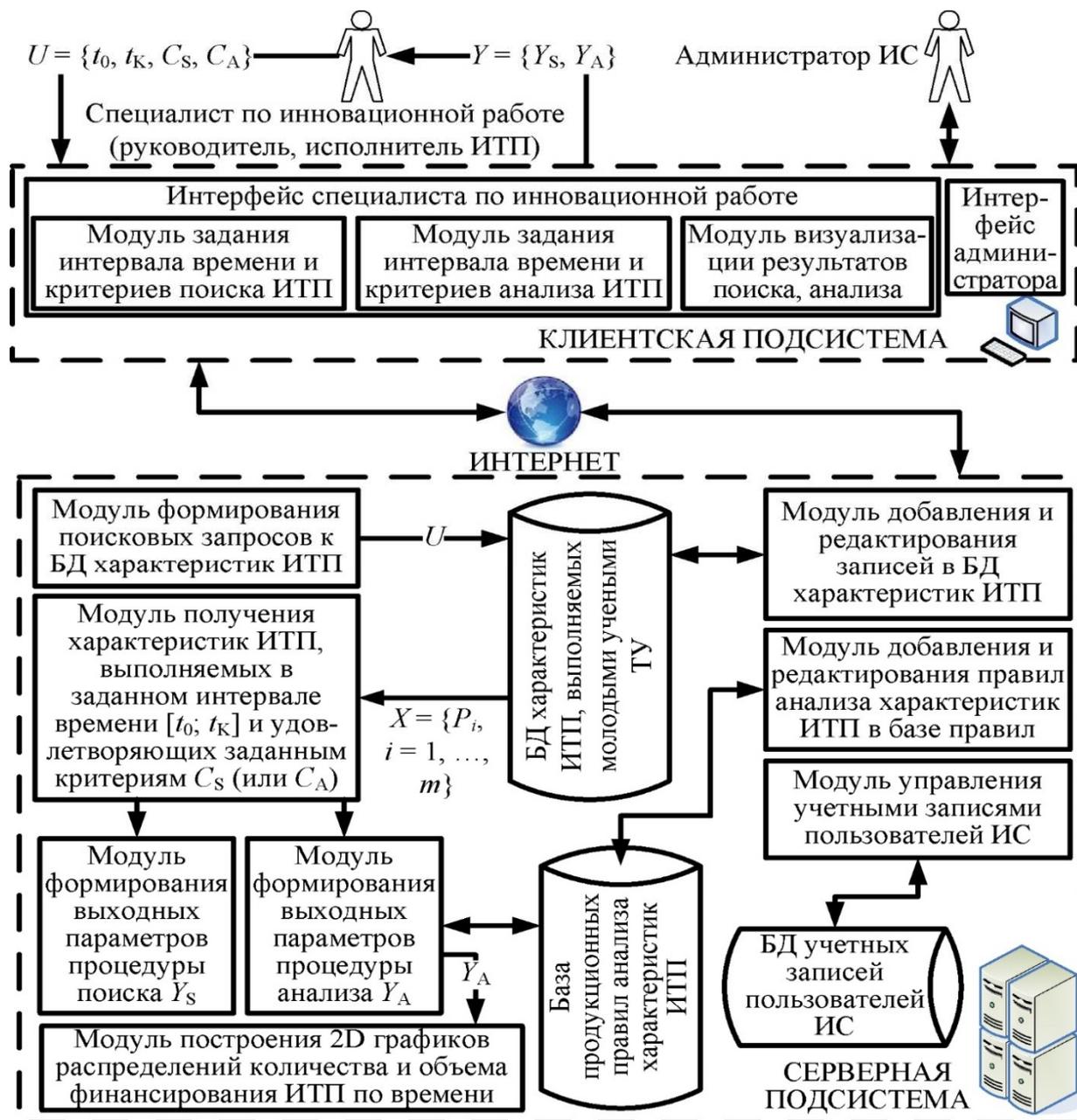


Рис. 2. Функциональная структура дистанционной ИС для поиска и анализа ИТП

Ядро ИС составляют многовариантные модели описания предметной области – информационная модель (БД характеристик ИТП) и модель представления знаний (база правил анализа характеристик ИТП).

БД ИТП построена на основе реляционной модели описания данных и включает 21 сущность: «ИТП», «Тематическое направление (направление научно-технологического развития)», «Приоритетное направление развития науки и техники», «Критическая технология», «Область техники», «Отраслевой

технологический запрос», «Отрасль промышленности», «Ключевые слова и словосочетания», «ИТП – Ключевые слова и словосочетания», «Научный руководитель», «Должность научного руководителя», «Ученая степень научного руководителя», «Ученое звание научного руководителя», «Статус исполнителя», «Факультет ТУ», «Кафедра ТУ», «Направление подготовки (специальность)», «Образовательная программа», «Организация-партнер», «Охранный документ на результат интеллектуальной деятельности», «Конкурс грантов». Сущности связаны специфическими отношениями «один ко многим». Ключевыми атрибутами являются идентификаторы сущностей. Исключение составляет сущность-посредник «ИТП – Ключевые слова и словосочетания», которая имеет составной ключ, включающий идентификаторы сущностей «ИТП» и «Ключевые слова и словосочетания», что позволяет заменить неспецифическое отношение «многие ко многим» между данными сущностями на отношения «один ко многим» между ними и сущностью-посредником.

Для анализа характеристик ИТП применяются продукционные правила вида «Pr ::= ЕСЛИ (условие), ТО (следствие)». Следствие, которое состоит из одного или нескольких предложений, образующих выдаваемое правилом решение, принимается при истинности условия, также состоящего из одного или нескольких утверждений. Примеры составных продукционных правил ИС:

ЕСЛИ  $\tau_i = t_A \wedge N_{Ti} = N_T$ , ТО  $n_1(t_A) = n_1(t_A) + 1 \wedge V_1(t_A) = V_1(t_A) + V_{Fi}/2$ ;

ЕСЛИ  $\tau_i = t_A \wedge N_{SUPi} = N_{SUP}$ , ТО  $n_4(t_A) = n_4(t_A) + 1 \wedge V_4(t_A) = V_4(t_A) + V_{Fi}/2$ ;

ЕСЛИ  $\tau_i = t_A \wedge N_{Di} = N_D$ , ТО  $n_6(t_A) = n_6(t_A) + 1 \wedge V_6(t_A) = V_6(t_A) + V_{Fi}/2$ ,

где  $\tau_i \in [\tau_{0i}; \tau_{ki}]$  – год выполнения  $i$ -го ИТП,  $t_A \in [t_0; t_k]$  – текущий год анализируемого периода,  $n_1(t_A)$ ,  $V_1(t_A)$ ,  $n_4(t_A)$ ,  $V_4(t_A)$ ,  $n_6(t_A)$ ,  $V_6(t_A)$  – количество и суммарный объем финансирования ИТП, выполняемых в текущем году в рамках заданного направления научно-технологического развития, под научным руководством данного ведущего ученого ТУ, на заданной кафедре ТУ.

С ИС взаимодействуют пользователи двух категорий: специалист по инновационной работе ТУ (научный руководитель ИТП, молодой ученый – исполнитель ИТП), которому ИС предоставляет текстовую и графическую информацию о характеристиках ИТП, включая доступ к презентациям и охранным документам на созданные объекты интеллектуальной собственности, по запросам на поиск и анализ ИТП; администратор ИС, осуществляющий редактирование баз данных и правил. Пользователи получают доступ к соответствующим функциональным возможностям ИС после авторизации.

Для реализации ИС использованы кросс-платформенная среда разработки PHPStorm (языки программирования PHP, JavaScript), СУБД MariaDB.

Для тестирования ИС в БД ИТП внесены записи о 56 ИТП молодых ученых Санкт-Петербургского государственного технологического института (ТУ), ставших победителями конкурсов грантов по программе «УМНИК» в 2013-2021 гг. При поиске ИТП в указанном интервале времени по критерию  $K_w =$  «Переработка промышленных отходов» ИС сформировала множество из 11 ИТП, параметры основных из которых приведены в таблице. Полученный результат совпадает с ожидаемым, так как в БД ИТП хранятся всего 11 ИТП по

химическим и цифровым технологиям переработки отходов производств.

Наименование, ссылка на публикацию/охранный документ	Кафедра ТУ	Партнер
Направление научно-технологического развития «Новые материалы и химические технологии»		
Разработка новых методов переработки нефтесодержащих отходов с получением гранулированной гидрофобной добавки в асфальтобетон [1]	Кафедра процессов и аппаратов	ОАО «Асфальтобетонный завод №1»
Разработка технологии получения углеродных сорбентов сферической формы методом жидкостной грануляции для очистки водных и воздушных сред от различных загрязнителей [2]	Кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники	ООО «Научно-производственное предприятие «Полихим»
Разработка технологии извлечения родия из отработанных аффинажных растворов и растворов, образующихся при переработке списанных автомобильных катализаторов [3]	Кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе	ООО «Научно-исследовательский центр «Гидро-металлургия»
Направление научно-технологического развития «Цифровые технологии»		
Разработка компьютерной системы для подготовки специалистов в области управления жизненным циклом вторичной переработки полимерных материалов [4]	Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления	ООО «Завод по переработке пластмасс им. «Комсомольской правды»

Изучение данных ИТП позволило определить направления исследований и обосновать выбор перспективных методов и способов решения задач в рамках Лаборатории мирового уровня по созданию комплекса химических и цифровых технологий энергоресурсоэффективной переработки промышленных отходов.

*Разработка выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-30029).*

### Список литературы

1. Патент № 2560155 Российская Федерация. Способ термохимической переработки нефтяных шламов в смесях с твердым топливом для получения жидких продуктов: № 2014137035/04: заявл. 12.09.2014: опубл. 20.08.2015 / Флисюк О.М., Круковский О.Н., Шининов Т.Н. [и др.].

2. Соловей В.Н. Применение жидкостной грануляции для получения углеродных сорбентов сферической формы / В.Н. Соловей, В.В. Самонин, Е.А. Спиридонова [и др.] // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 31. – С. 84-88.

3. Егоров С.А. Особенности сорбции родия(III) из хлоридных растворов на ионите с тиомочевинными группами / С.А. Егоров, А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин // Журнал прикладной химии. – 2020. – Т. 93, № 9. – С. 1311–1316.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021617864 Российская Федерация. Программный комплекс для обучения специалистов в области управления жизненным циклом вторичной переработки полимерных материалов: № 2021612455: заявл. 25.02.2021: опубл. 20.05.2021 / Чистякова Т.Б., Новожилова И.В., Паукин О.А.

# ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЯГКОГО ТОПЛИВНОГО БАКА ВЕРТОЛЕТА МИ-8 В УСЛОВИЯХ ЧС

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 параметров воздушного потока во входном патрубке мягкого топливного бака (МТБ) для повышения 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 воздушного потока проточной части МТБ, является разработка критериев диагностики [1-5].

Эти критерии являются определяющими при изменении работы данной системы. Для объяснения изменения параметра расхода от изменения сечения проточной части приточного патрубка МТБ применяется формула (1) [1-5]:

$$G = m \frac{P_0^x}{\sqrt{\tau_0^x}} F_q(\lambda) \quad (1)$$

где: левая часть  $G$  – расход топлива,  $T_0$  – температура,  $P_0$  – давление и  $m \cdot F_q$  – суммарная площадь поперечных сечений горловин приточного патрубка мягкого топливного бака;  $\lambda$  – функция плотности тока в горловине.

То есть изменение геометрии проточной части при возникновении изменения уровня в различных сечениях будет изменять параметр расхода, который в свою очередь будет изменять  $F_q$ .

С помощью данного метода можно с геометрической точки зрения анализировать изменения параметров потока и контролировать работу системы контроля в процессе эксплуатации, но без выявления причин этих неисправностей и допустимых величин отклонений параметров вследствие появления неисправностей. После включения питания всех измерительных систем включалась система воздухопитания, и выставлялся необходимый режим продувки модели МТБ. Режим продувки вычислялся по перепаду статического давления внутри сопла Вентури, измеренного контроллером. По следующему алгоритму рассчитывается весовой расход воздуха через установку по формуле:

$$G_M = 1,252 \cdot C \cdot E \cdot e \cdot d^2 \cdot \sqrt{\Psi \cdot (P_1 - P_2)} \quad (2)$$

где:  $C \cdot E = a$  – общий коэффициент расхода;

$e = 1$  – поправочный множитель на расширение измеряемой среды;

$d = 12$  см – диаметр горла сопла Вентури;

$\Psi = 1,20$  кг/м<sup>2</sup> – удельный вес воздуха, приведенный к  $t = 20$  °С и

$P_{\text{АТМ}} = 741$  мм рт. ст.

Мы сформировали внешний зондирующий воздушный поток для продувки моделей МТБ. Предполагается, что диагностические измерения акустических параметров газового потока во входных и выходных устройствах МТБ позволят своевременно, на ранней стадии, с помощью сформированных диагностических признаков обнаружить изменение структуры потока, связанное с появлением как внештатной ситуации, так и неисправности.

### 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 // 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.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА ВХОДЕ МЯГКОГО ТОПЛИВНОГО БАКА ВЕРТОЛЕТА МИ-8 В УСЛОВИЯХ ЧС

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.* Статья посвящена вопросам, связанным с математическим моделированием. Сформулированы требования к модели.

Теоретическое обоснование выбора математической модели: исходя из условий, что исследуемый поток как за проточным патрубком, так и за другими

устройствами, является холодным, может подаваться из воздушного пространства с отбором, то само собой снимаются некоторые вопросы по проблемам измерения физических величин, которые зависят от многих сопутствующих параметров [1-5]. Используемые в решетке система из волоконно-оптических датчиков, при различном давлении и скорости исследуемого потока будут растягиваться по-разному, относительная погрешность будет изменяться, калибровку датчиков необходимо проводить для уточнения вычисленных параметров уточненными коэффициентами. Поэтому мы связали в общую систему смещение диапазона от одной частоты к другой – при растягивании решетки меняется сдвиг частоты  $\Delta$ , который и взят за основу измерения акустического давления на датчик., которые представляют собой тот или иной компонент электромобиля в виде готовой модели. При испытаниях на эталонном МТБ системой ВАК из волоконно-оптических датчиков необходимо соблюдать следующие условия проведения испытаний:

- критерии подобия происходящих процессов;
- измерение должно, проводится одной системой волоконно-оптических датчиков;
- настройка от частоты  $\omega_1$ .

### 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.

# МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ АЭРОФОТОСЪЁМКИ

Ю.Н. Пушилина  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье предложены методы строительного и экологического контроля монтажа инженерных сетей на стадии возведения железобетонного каркаса здания, а также территории строительной площадки с использованием технологии аэрофотосъёмки.

Стремительное развитие строительной сферы и её влияние на экономику приводит к модернизации существующих методов производства строительномонтажных работ. Сжатые сроки производства работ, технически сложные объёмно-планировочные решения возводимых объектов приводят к одной из актуальных проблем современного строительного производства – необходимости совершенствования методов строительного контроля. Строительный контроль является обязательным процессом, который проводится во время строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства в целях проверки соответствия выполняемых работ проектной документации, требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям к строительству, реконструкции объекта капитального строительства [1]. Экологическому контролю как на этапе подготовки, так в период строительства и возведения объекта уделяется особое внимание.

Одним из перспективных методов совершенствования операционного и приёмочного вида строительного контроля является применение технологии аэрофотосъёмки.

Как правило, в процесс аэрофотосъёмки входят следующие этапы:

- подготовительные мероприятия, заключающиеся в изучении местности, проектированию маршрутов полетов и в производстве расчета элементов аэрофотосъёмки;
- лётно-съёмочные работы или фотографирование земной поверхности при помощи аэрофотоаппаратов;
- фотолабораторные работы по проявлению снятой пленки и изготовлению позитивов;
- геодезические работы по созданию на местности геодезической основы, которая необходима для исправления искажений аэроснимков, возникших в процессе аэрофотосъёмки, привязки аэроснимков и для составления фотосхем и фотопланов;
- фотограмметрические работы, которые проводятся как в полевом, так и в камеральном периодах и связаны с обработкой аэрофотоснимков для составления планов и карт снятой местности [2].

Одним из этапов исследования являются лётно-съёмочные работы и фотографирование монтажного горизонта на принятой условной высоте 6 м над поверхностью съёмки. Основными условиями съёмки являются:

- осуществление съёмки в высоком разрешении;
- избегание попадания в кадр съёмки нежелательных объектов;
- создание снимков с большим перекрытием кадров;
- съёмка наиболее важных деталей с 3 и более ракурсов [3].

Частота съёмки не регламентируется, а достигается практическим путём в зависимости от сложности конструкции снимаемой поверхности.

Следующим важным этапом исследования является камеральная обработка результатов лётно-съёмочных работ и использование фотограмметрического метода измерения пространственных координат точек объекта. Для выполнения камеральных работ часто используется метод обработки полученных изображений с помощью программного продукта «AgisoftMetashape», разработанного российской компанией ООО «Агисофт». Основной задачей данной программы является построение плотного облака точек 3D поверхности монтажного горизонта и построение ортофотоплана.

Что касается экологического контроля, то аэрофотосъёмка позволяет оперативно получать большой массив пространственных данных для обследования территорий и контроля размещенных на ней объектов в зоне управления.

### Список литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ // *Российская газета*. – 30 декабря 2004 г.
2. Пушилина Ю.Н. *Экологические основы архитектурного проектирования: учеб. пособие* / Ю.Н. Пушилина. – Тула: Аквариус, 2015. – С. 65-69.
3. Пушилина Ю.Н. *Экологические вопросы в строительном проектировании* / Ю.Н. Пушилина // *Современные проблемы экологии. XXVI Всероссийская научно-практическая конференция*. – 2021. – С. 131-133.
4. *Сущность аэрофотосъёмки*. URL: [https://studwood.ru/1823490/tehnika/suschnost\\_aerofotosemki](https://studwood.ru/1823490/tehnika/suschnost_aerofotosemki) (дата обращения: 20.03.2021).
5. *Руководство пользователя AgisoftMetashape Professional Edition, версия 1.5*. URL: [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_5\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf) (дата обращения: 20.03.2021).

## ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ООО «ТЕХНОПРОМ ИНЖИНИРИНГ»

Е.М. Утенков, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье описаны цель, основные принципы и обязательства в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, информационную открытость. ООО «Технопром Инжиниринг», представлены финансовые и экологические параметры для оценки экологических аспектов деятельности предприятия.

Политика ООО «Технопром Инжиниринг» в области экологии (далее – природоохранная деятельность) является неотъемлемой частью политики по обеспечению безопасной и экономически эффективной эксплуатации исследовательских, научно исследовательских лабораторий и обеспечивающих производств, реализации программ, направленных на сооружение, эксплуатацию, реконструкцию, модернизацию и вывод из эксплуатации исследовательских, научных и производственных комплексов, и опасными химическими веществами.

Природоохранная деятельность определяет цель, основные принципы и обязательства в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, информационную открытость. ООО «Технопром Инжиниринг» несет на себе ответственность за реализацию Экологической политики, за выделение необходимых для этого ресурсов и принимает одной из своих приоритетных задач обеспечение экологической безопасности.

На первом этапе оценки экологической безопасности предприятия дают общую количественную оценку воздействия предприятия на окружающую среду. Для этого используются такой показатель как степень экологичности производства [1]:

$$K_{\text{эк.пр.}} = \frac{Z_{\text{охр.}}}{Z_{\text{общ.}}},$$

где  $K_{\text{эк.пр.}}$  – коэффициент экологичности производства;  $Z_{\text{охр.}}$  – природоохранные затраты компании (затраты на охрану атмосферного воздуха, водных ресурсов, земельных угодий, затраты на обращение с отходами);  $Z_{\text{общ.}}$  – общие затраты за период.

Для оценки экологических аспектов деятельности предприятия необходимо учитывать финансовые и собственно экологические параметры.

Финансовые параметры природозащитной деятельности можно описать количественными критериями [2]:

– финансирование природоохранных мероприятий: текущие затраты на охрану окружающей среды (в том числе: на охрану и рациональное использование водных ресурсов, на охрану атмосферного воздуха, на охрану окружающей среды от отходов производства и потребления, на рекультивацию земель); затраты на капитальный ремонт основных фондов по охране окружающей среды.

– экологические платежи: плата за допустимые выбросы (сбросы) загрязняющих веществ; плата за сверхнормативные выбросы (сбросы) загрязняющих веществ; средства (иски) и штрафы, взысканные в возмещение ущерба, причинённого нарушением природоохранного законодательства.

– затраты, повышающие экологическую эффективность внедряемых производственных и технологических решений.

– преимущества, получаемые от экологических улучшений.

Экологические параметры могут быть отражены через качественные критерии: здоровье и безопасность людей; реальные и ожидаемые экологические риски; экологические инциденты и происшествия; нагрузку на

окружающую среду (выбросы, утечки, отходы), включая тенденции их изменения во времени; соответствие экологическим требованиям законодательных и нормативных актов; рациональное расходование материальных ресурсов.

При возникновении потребности в детальной оценке экологической безопасности предприятия можно придерживаться подхода, в соответствии с которым показатели экологической эффективности подразделяют на два типа [3]:

- показатели эффективности функционирования, обеспечивающие информацию об экологической безопасности предприятия;
- показатели эффективности управления, обеспечивающие информацию об усилиях, предпринимаемых руководством с целью воздействия на экологическую безопасность предприятия.

Показатели эффективности функционирования используют для измерения экологической безопасности технологических объектов и оборудования (таблица).

Показатели экологической безопасности производственной системы

Производственный аспект	Наименование показателей
Сырье, вспомогательные материалы	- состав сырья, включая наличие вредных веществ; - наличие вредных и токсичных материалов и веществ в технологическом процессе; - количество материалов, приходящихся на единицу продукции;
Энергоносители	- номенклатура энергоносителей; - количество расходуемой энергии, приходящееся на единицу продукции.
Технологические объекты и Производство	- число часов работы оборудования в год; - число аварийных ситуаций или нештатных ситуаций в
Выбросы, отходы, излучения	- уровень аварийности; - состояние техники безопасности; - технологические регламенты.
	- состав и количество выбросов в атмосферу; - состав и количество твердых отходов; - уровень излучений; - количество выбросов загрязнителей, потенциально

Для достижения экологической результативности деятельности ООО «Технопром Инжиниринг» приняло на себя обязательство внедрять и поддерживать лучшие методы экологического управления в соответствии с международными и национальными стандартами в области экологического менеджмента.

## Список литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. (ред. от 27.12.2019) (дата обращения: 11.02.2022).
2. Алфёров В. Организационное состояние охраны окружающей среды в России: моногр. / Виктор Алфёров. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. – 232 с.
3. Бочкарева И.И. Организация производственного экологического контроля на промышленном предприятии / И.И. Бочкарева, А.В. Борисова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – №2. – С. 25

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ВОЗДУХА В РОССИИ

А.В. Архипов

Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Статья посвящена обзору воздействия загрязнённого воздуха на здоровье и качество жизни человека. Рассмотрена важность воздействия на экологический мониторинг на государственном уровне.

Загрязнения воздуха часто не видны глазу. Люди осознают, что вдыхают вредные вещества только в случае, когда видят задымленность, или чувствуют неприятный запах. Но обычно человек не ощущает, чем дышит [1].

Последствия вдыхания вредных веществ в виде, например, головной боли, легко списать на усталость или другие причины. Даже если мы знаем, что надышались чего-то вредного, потому что пахло «гарью» или «химией» или видели дым, доказать что-то трудно, ведь «виновник» улетучился.

Загрязнения воздуха могут приводить к развитию сердечно-сосудистых, респираторных и онкологических заболеваний. Это не происходит за один вдох. Вредные вещества накапливаются в организме совокупно с другими факторами, в частности с последствиями курения, что со временем приводит к хроническим заболеваниям. В этом «коварство» загрязнения воздуха [2-3].

Сейчас загрязнение воздуха убивает больше человек, чем СПИД, малярия и туберкулёз вместе взятые. Больше всего от грязного воздуха страдает население стран со средним и низким уровнем дохода.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения, 92 % населения планеты живут в зонах неудовлетворительного состояния воздуха, и это загрязнение способствует 1 из 8 смертей.

ВОЗ называет мониторинг необходимым шагом в решении проблемы грязного воздуха со стороны государств: «Многие источники загрязнения атмосферного воздуха не могут контролироваться отдельными людьми, и требуют консолидированных действий» в разных секторах и на многих уровнях.

Как заявил 15 января 2020 президент России, полноценная система экологического мониторинга воды, воздуха и почвы, будет создана в России в ближайшие годы.

В рамках нацпроекта «Экология», существует федеральная программа «Чистый воздух». Изначально его задачей было решение проблемы в 12 наиболее загрязненных городах, где до 2025 года на 20 % должны быть снижены выбросы в атмосферу.

Аудитор Счетной палаты М.А. Мень оценил работу федерального проекта «Чистый воздух» как не достаточную для кардинального снижения уровня загрязнения воздуха [4].

Сейчас в нацпроект «Экология» вносятся изменения. В новом указе Президента о национальных целях до 2030 года говорится о снижении выбросов опасных загрязняющих веществ для человека и природы в два раза [5].

Загрязнения воздуха не знают границ и легко преодолевают расстояния в сотни и даже тысячи километров вместе с воздушными потоками. Поэтому мониторинг важен повсеместно в глобальном масштабе.

### Список литературы

1. Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека / С.Ю. Загороднов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018; 2 (30):124-33.

2. Манжилевская С.Е. Влияние мелкодисперсной пыли на окружающую среду при локальном строительстве / С.Е. Манжилевская // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 6 (92). – С. 86-98.

3. Кароль И.Л. Климат будущего: взгляд из настоящего. Природа / И.Л. Кароль, А.А. Киселев. – 2011. – №1. – С. 3-9.

4. Тимофеева Н.Н. Регрессионный анализ метеоданных и ультрадисперсных частиц рт 2.5 / Н.Н. Тимофеева, Е.В. Васильев, О.Б. Еремеева // В сборнике: Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов. Сборник статей. В 2-х частях. – Чебоксары, 2021. – С. 367-370.

5. Загороднов С.Ю. Мелкодисперсные частицы (рт<sub>2,5</sub> и рт<sub>10</sub>) в атмосферном воздухе крупного промышленного региона: проблемы мониторинга и нормирования в составе производственных выбросов / С.Ю. Загороднов, И.В. Май, А.А. Кокоулина // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 142-147.

## ПРАВИЛА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

А.В. Архипов  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье рассмотрены виды постов экологического мониторинга, используемые в населенных пунктах. Рассмотрены стационарные, маршрутные и передвижные посты.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы проводятся на посту, представляющем собой заранее выбранное для этой цели место (точка местности), на котором расположен павильон или автомобиль, оснащенный соответствующими приборами. Наблюдательные посты создаются по трем категориям: стационарные, маршрутные и передвижные (субфракционные).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Среди стационарных постов выделяются стационарные посты, которые предназначены для выявления длительных измерений содержания основных и наиболее распространенных специфических загрязняющих веществ [1-2].

Маршрутная станция предназначена для регулярного отбора проб воздуха в тех случаях, когда нет возможности (нецелесообразности) установить пост или необходимо более подробно изучить состояние загрязнения атмосферного воздуха в определенных районах, например, в новых жилых массивах.

Передвижной (подфакельный) пост служит для отбора проб под дымовой (газовой) горелкой с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов. Стационарные посты оборудуются специальными павильонами, которые устанавливаются в заранее выбранных местах. Наблюдения на маршрутных станциях проводятся с помощью передвижной лаборатории, оснащенной необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливаются в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день проезжает в среднем 4-5 пунктов. Порядок объезда выбранного маршрута должен быть одинаковым, чтобы определение концентраций примесей проводилось на регулярной основе. Наблюдения под факелом предприятия также проводятся с помощью специально оборудованного автомобиля. Подфильтровочные станции - это пункты, расположенные на фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела обследуемого источника выбросов [3].

Каждый пост, независимо от категории, размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке (на асфальте, твердом грунте, газоне).

Стационарные и маршрутные станции организуются в местах, выбранных с учетом предварительного изучения загрязнения атмосферного воздуха городов промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками, а также с учетом изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений и расчетов полей предельных концентраций примесей. Следует учитывать периодичность направления ветра над городом. В некоторых районах выбросы от многочисленных предприятий могут создать общий факел, соизмеримый с факелом крупного источника. Если частота таких направлений ветра высока, то зона наибольшего среднего уровня загрязнения будет формироваться на расстоянии 2-4 км от основной группы предприятий, а иногда она может располагаться на окраине города [4-5]. Для того чтобы охарактеризовать распределение концентрации примесей в городе, посты следует устанавливать в первую очередь в тех жилых массивах, где возможны наиболее высокие средние

уровни загрязнения, затем в административном центре поселения и в жилых массивах с различными типами застройки, а также в парках и зонах отдыха. К числу наиболее загрязненных территорий относятся зоны максимальных разовых и среднесуточных концентраций. Эти концентрации создаются выбросами промышленных предприятий. Такие зоны расположены на расстоянии 0,5-2 км от источников с низким уровнем выбросов и 2-3 км от высоких. Такие концентрации могут создавать и магистрали интенсивного движения, поскольку воздействие на магистраль обнаруживается только в непосредственной близости от нее (на расстоянии 50-100 м).

### Список литературы

1. Панарин В.М. Разработка автономных станций и системы контроля загрязнения атмосферного воздуха / В.М. Панарин, А.А. Горюнкова, К.В. Гришаков // *Экологические системы и приборы*. – 2017. – № 9. – С. 21-27.

2. Манжилевская С.Е. Влияние мелкодисперсной пыли на окружающую среду при локальном строительстве / С.Е. Манжилевская // *Строительство и реконструкция*. – 2020. – № 6 (92). – С. 86-98.

3. Кароль И.Л. Климат будущего: взгляд из настоящего. Природа / И.Л. Кароль, А.А. Киселев. – 2011. – №1. – С. 3-9.

4. Котова Е.А. Современные системы экологического мониторинга промышленных предприятий / Е.А. Котова, К.В. Гришаков, В.М. Панарин, В.П. Мешалкин // В книге: *Приоритетные направления развития науки и технологий. XXI Международная научно-техническая конференция*. под общ. ред. В.М. Панарина. – 2017. – С. 60-64.

5. Загороднов С.Ю. Мелкодисперсные частицы ( $pm_{2,5}$  и  $pm_{10}$ ) в атмосферном воздухе крупного промышленного региона: проблемы мониторинга и нормирования в составе производственных выбросов / С.Ю. Загороднов, И.В. Май, А.А. Кокоулина // *Гигиена и санитария*. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 142-147.

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ФОСФОГИПСА НА СИНТЕЗ СУЛЬФИДА КАЛЬЦИЯ

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

*Аннотация.* В работе проведено изучение влияния предварительной подготовки на процесс восстановления фосфогипса в сульфид кальция. Был использован материал, предварительно термообработанный или увлажненный. В результате определены оптимальные условия получения неорганического материала, обладающего свойствами люминофора.

Фосфогипс образуется как побочный продукт в процессе производства фосфорсодержащих удобрений из апатитового сырья. Проблема переработки этого отхода производства стоит достаточно остро [1, 2]. Одним из направлений переработки может быть получение люминесцентных материалов. Как известно, широко распространенным является люминофор на основе сульфида кальция [3, 4]. Легирование структуры сульфида кальция катионами европия приводит к появлению свечения различной окраски: красного, оранжевого, желтого. Как правило, синтез подобных материалов проводят из химически чистых реактивов, что приводит к высокой стоимости люминофоров (50-70 евро за килограмм).

Разработка способа восстановления сульфида кальция из фосфогипса является актуальной задачей химической технологии.

Целью исследования было изучение влияния предварительной подготовки на светимость восстановленного материала.

Был использован фосфогипс, содержащий  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  не менее 99 % (масс.). В качестве восстановителя использовали активированный уголь марки БАУ-А. Для оценки способности восстановления до целевого продукта были взяты следующие образцы фосфогипса:

- 1) предварительно прошедший термообработку при 1073 К в течение 60 минут;
- 2) просушенный в сушильном шкафу при температуре 473 К в течение 5 часов до постоянной массы;
- 3) без предварительной термообработки, с добавлением воды в количестве 10 % (масс.) от массы фосфогипса;
- 4) без предварительной термообработки.

Изучение возможности восстановления проводили следующим образом. К фосфогипсу был добавлен восстановитель, проведена гомогенизация смеси и последующая термообработка с выдержкой в течение одного часа при температуре 1173 К. По окончании термообработки охлаждали образцы вместе

с печью до комнатной температуры. После термической обработки был измерен относительный световой поток, испускаемый поверхностью образца фиксированной площади.

На рис. 1 приведены результаты измерения относительного светового потока с поверхности исследуемого образца фосфогипса, полученного с различной предварительной подготовкой.

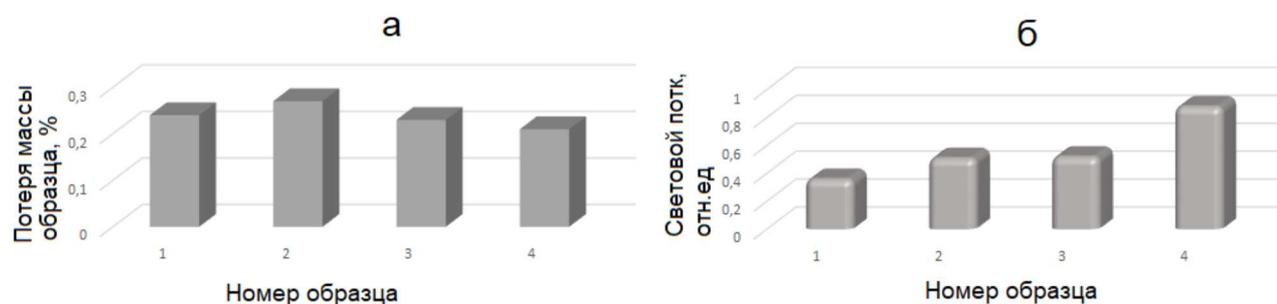


Рис. 1. Результаты изучения процесса восстановления фосфогипса, прошедшего различную предварительную обработку: потеря массы (а), относительный световой поток (б)

Установлено, что потеря образцов в массе (рис. 1, а) максимальна для образца фосфогипса, просушенного в сушильном шкафу при температуре 473К в течение 5 часов, минимальна для образца без предварительной обработки. Для образца 4 относительный световой поток (рис. 1, б) имел максимальное значение (минимальный световой поток отмечен для образца фосфогипса, прошедшего предварительную термообработку при 1073 К в течение 1 часа). Из приведенных на рис. 1 результатов следует, что для синтеза люминофора больше подходит фосфогипс без предварительной обработки.

**Вывод.** В результате проведенного исследования выявлены условия получения неорганических люминофоров на основе сульфида кальция из фосфогипса. Показано, что наибольший световой поток демонстрирует образец, не проходивший предварительную обработку.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РТУ МИРЭА «Инновации в реализации приоритетных направлений развития науки и технологий», проект НИЧ 28/29/948-ЮУ.*

### Список литературы

1. Szajerski P. Radium content and radon exhalation rate from sulfur polymer composites (SPC) based on mineral fillers / P. Szajerski, J. Celinska, H. Bern, A. Gasiowski, R. Anyszka, P. Dziugan // *Construction and building materials*. – 2019. – V. 198. – P. 390-398.
2. James J. Strength benefit of sawdust/wood ash amendment in cement stabilization of an expansive soil // *Revista facultad de ingenieria, universidad pedagogica y tecnologica de Colombia*. – 2019. – V. 28, No. – 50. P. 44-60.
3. Шабельская Н.П. Синтез сульфида кальция из фосфогипса / Н.П. Шабельская, О.А. Меденников, А.Н. Яценко, В.А. Таранушич, Ю.А. Гайдун.

кова, М.Н. Астахова, В.А. Ульянова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2020. – № 4 (208). – С. 63-67.

4. Wang X. One-Step Design of a Water-Resistant Green-to-Red Phosphor for Horticultural Sunlight Conversion / X. Wang, J. Ke, Y. Wang, Liang Y., J. He, Z. Song, S. Lian, Z. Qiu // ACS Agricultural Science and Technology. – 2021. – V. 1 (2). – P. 55-63.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ ОРГАНИЧЕСКОГО КРАСИТЕЛЯ

А.М. Раджабов<sup>1</sup>, Н.П. Шабельская<sup>1,2</sup>, С.Н. Сушкова<sup>2</sup>, В.А. Ульянова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова,  
г. Новочеркасск  
<sup>2</sup> Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону

**Аннотация.** В работе проведен синтез композиционного материала на основе феррита кобальта (II) и изучено его каталитическое воздействие на процесс очистки водного раствора от органического красителя. Полученные образцы были изучены при помощи ряда современных методов: рентгенофазового анализа, низкотемпературной адсорбции азота. Установлено, что синтезированные материалы проявляют повышенную каталитическую активность.

**Ключевые слова:** феррит кобальта, отходы, очистка водных растворов, каталитическая деструкция органического красителя.

Осложнение экологической обстановки диктует необходимость разработки новых экологически безопасных технологий и материалов. Активированный уголь может быть получен из различных органических отходов производства (лузга, опилки и т.п.). Ввиду развитой поверхности активированные угли находят широкое применение в качестве каталитически и адсорбционно активных материалов [1]. Феррит кобальта (II)  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  обладает комплексом важных для технического использования характеристик: это магнитный материал [1], который активно применяют в качестве катализаторов [2], адсорбентов органических красителей [1]. Целью данного исследования являлось изучение возможности получения композиционных материалов на основе феррита кобальта (II) на активированном угле и их применение в процессах очистки водного раствора от органического красителя.

Синтез композиционных материалов проводили с использованием технологии, подробно описанной в работе [3]. Для формирования феррита кобальта (II) на поверхности активированного угля (АУ) исходные вещества помещали в реакционный сосуд из нержавеющей стали, выпаривали до образования сухого остатка и подвергали термообработке до прекращения газообразования. Были получены: феррит кобальта (II) (образец 1) и композиционный материал феррит кобальта (II)/АУ (образец 2).

Изучение фотокаталитической активности синтезированных материалов проводили на модельном растворе метилового оранжевого с концентрацией 40 мг/л, при этом фиксированный объем красителя помещали в плоскодонную колбу, добавляли синтезированный материал, подкисляли до pH 2 раствором серной кислоты и вводили пероксид водорода. Полученную систему освещали галогенной лампой. Измеряли время протекания реакции.

Согласно результатам рентгенофазового анализа (измерения проводили на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA в ЦКП «Нанотехнологии ЮРГПУ (НПИ)), синтезированный композиционный материал  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{C}$  содержит фазу феррита кобальта (II) (PDF Number 010-74-3419), углерод рентгеноаморфен.

Экспериментально полученные зависимости скорости разложения органического красителя под действием пероксида водорода в присутствии синтезированных материалов приведены на рис. 1.

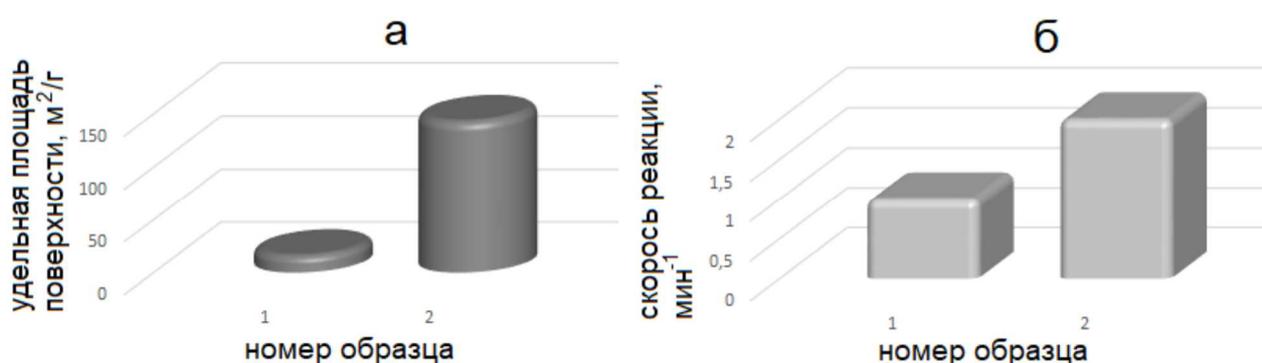


Рис. 1. Площадь поверхности (а) и скорость реакции деструкции красителя (б)

Согласно полученным результатам, в присутствии композиционного материала скорость деструкции органического красителя увеличивается более, чем на 24 % по сравнению с в качестве катализатора. Такой результат может быть связан с увеличенной площадью поверхности контакта катализатора и реагирующих веществ.

**Вывод.** Проведены синтез и сравнительная характеристика свойств феррита кобальта (II), полученного по реакции разложения солей, и композиционного материала  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ /активированный уголь. Установлено существенное увеличение каталитической активности органо-неорганического композиционного материала.

*Исследование выполнено при поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ по поддержке молодежной лаборатории «Агробиотехнологии для повышения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции» в рамках программы развития межрегионального научно-образовательного центра Юга России, # ЛабНОЦ 21-01АБ.*

### Список литературы

1. dos Santos J.M.N. Synthesis of a novel  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ /chitosan magnetic composite for fast adsorption of indigotine blue dye / dos Santos J.M.N., C.R. Pereira,

*L.A.A. Pinto, T. Frantz, E.C. Lima, E.L. Foletto, G.L. Dotto // Carbohydrate Polymers. – 2019. – V. 217. – P. 6-14.*

*2. Qian M. Synergistic catalytic effect of N-doped carbon embedded with CoFe-rich CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> clusters as highly efficient catalyst towards oxygen reduction / M. Qian, X. Cheng, T. Sun, J. Tian, T.T. Isimjan, Z. Shi, X. Yang // Journal of Alloys and Compounds. – 2020. – V. 819, № 153015.*

*3. Егорова М.А. Получение и свойства феррита и хромита меди (II) / М.А. Егорова, Н.П. Шабельская, А.М. Раджабов, Г.М. Чернышева, В.А. Таранушич, В.М. Забабурин, А.В. Вяльцев, В.А. Ульянова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2021. – № 2 (210). – С. 69-74.*

## **КОНЦЕПЦИЯ КОМПЛЕКСА ЦИФРОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

А.С. Саксонов, Д.Р. Уразметова, В.Н. Козловский  
Самарский государственный технический университет,  
г. Самара

*Аннотация.* В статье приводятся существующие наработки, а также перспективы дальнейшей работы по цифровому комплексу для проектирования и диагностики транспортных электромеханических преобразователей.

В настоящее время при проектировании транспортных генераторных установок (ТГУ) используются методики, разработанные еще в прошлом столетии. Главным недостатком этих методик является их неточность, при проектировании в конструкцию активной зоны электромеханического преобразователя энергии (ЭПЭ) ТГУ закладываются большие допуски. Как известно, выходные параметры ЭПЭ зависят от его конструктивных параметров активной зоны. В дополнение, при осуществлении технологического процесса к заложенным в проект допускам добавляются технологические погрешности, которые также сказываются на выходных параметрах ТГУ [1].

Для совершенствования процесса проектирования ТГУ возможно совместить существующие методики проектирования с компьютерным моделированием. В итоге такой интеграции значительно повышается точность проектирования, т.к. при использовании методов динамического моделирования, возможно отслеживать поведение выходных параметров транспортной генераторной установки в зависимости от заданных конструктивных параметров активной зоны.

Нами была разработана компьютерная модель ЭПЭ автомобильной генераторной установки типа 9402.3701-14М при наличии дефекта технологического процесса – несоосности статора и ротора. Компьютерная модель [2] приведена на рис. 1.

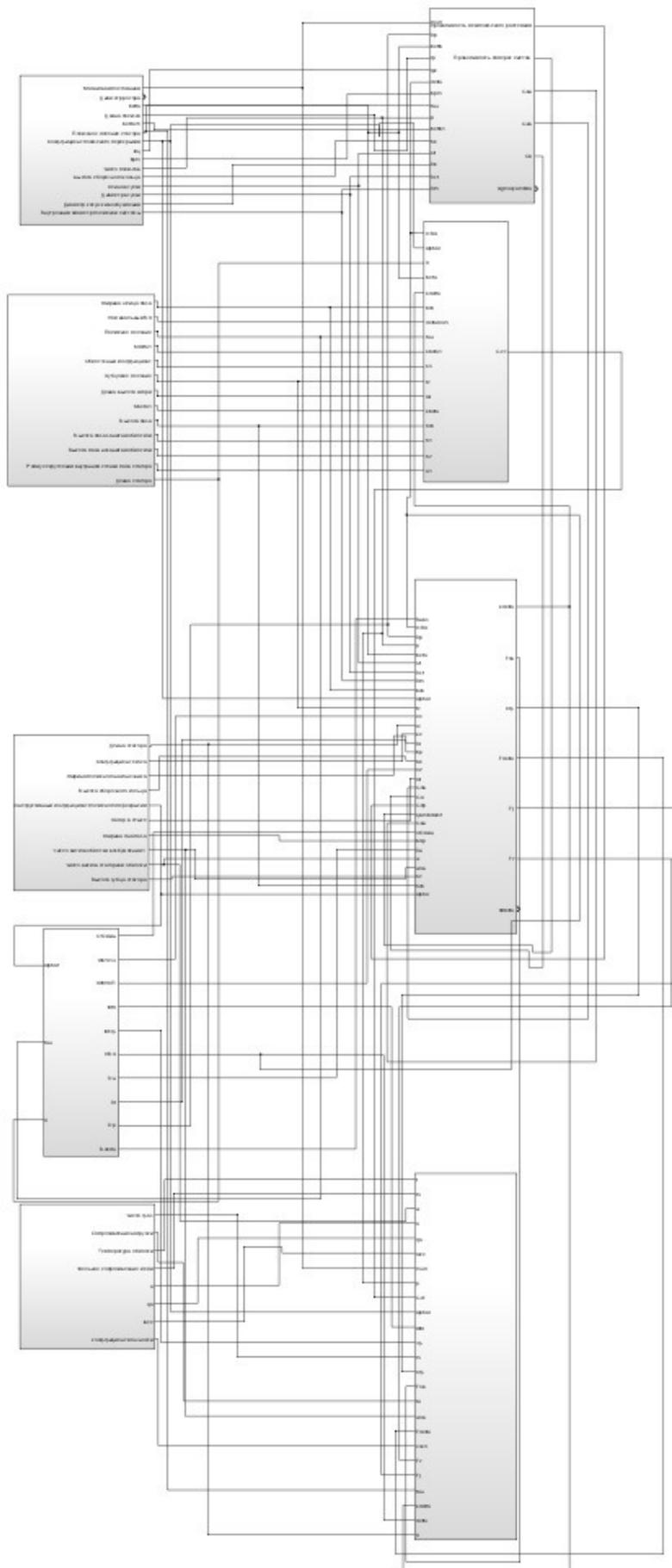


Рис. 1. Компьютерная модель ЭПЭ

В компьютерной модели задаются исходные данные в виде конструктивных параметров активной зоны ЭПЭ, по этим параметрам рассчитываются параметры магнитной цепи машины, а затем и выходная ЭДС статорной обмотки ЭПЭ. Для задания несоосности статора и ротора ЭПЭ используется математический аппарат (рис. 2).

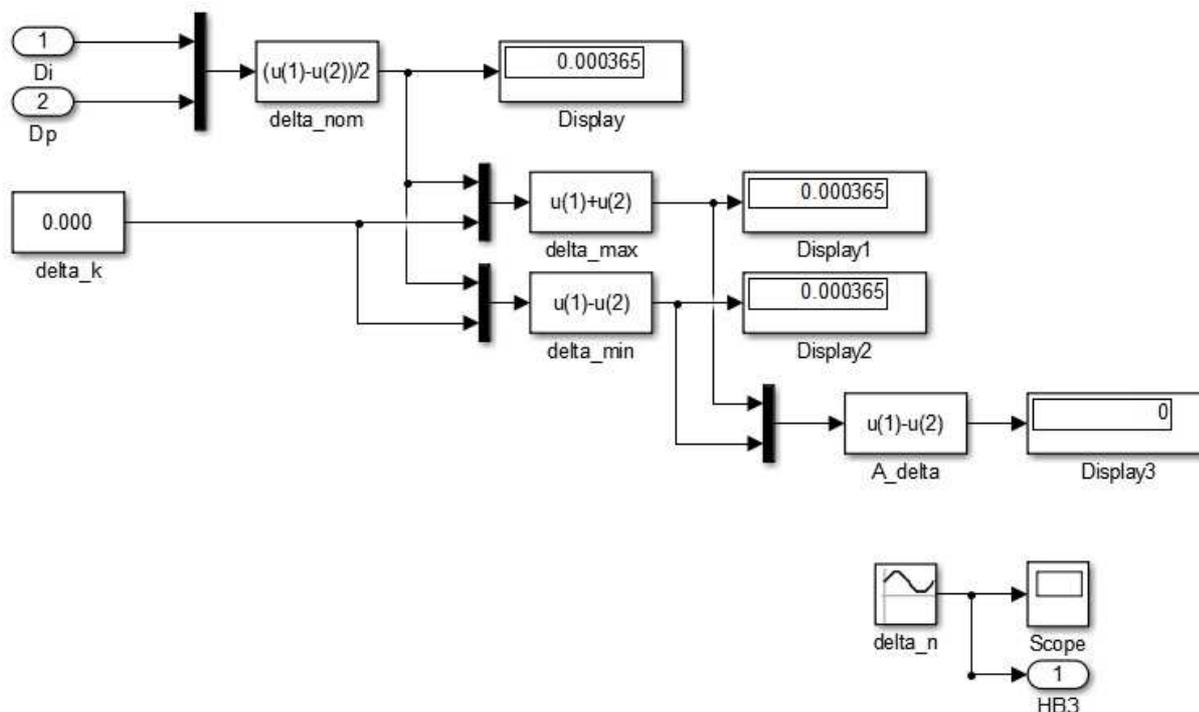


Рис. 2. Математический аппарат для задания несоосности статора и ротора ЭПЭ

На выходе компьютерной модели получаются амплитуды магнитной индукции, магнитного потока, а также ЭДС статорной обмотки с учетом влияния несоосности статора и ротора ЭПЭ. Ведется работа над внесением в модель учета влияния электромагнитных усилий и подшипниковых токов, возникающих вследствие несоосности статора и ротора ЭПЭ. Представленная компьютерная модель является основой цифрового комплекса для проектирования ТГУ.

В перспективе комплекс цифрового проектирования ТГУ рассчитывается не только на автомобильные генераторные установки, но и, например, на генераторные установки тепловозов, а также дизель-электроходов. В связи с этим, разработан второй математический аппарат, который задает эллипсность статоров крупных ЭПЭ, которые имеют значительную массу и могут просаживаться под собственным весом. Этот математический аппарат показан на рис. 3.

Перспективной сферой применения данного цифрового комплекса выступает область диагностики ТГУ. Т.е., этот комплекс может быть использован как средство цифровой диагностики ЭПЭ ТГУ на предмет наличия дефектов в активной зоне. На рис. 4 приведена схема цифрового комплекса для диагностики автомобильных генераторных установок.

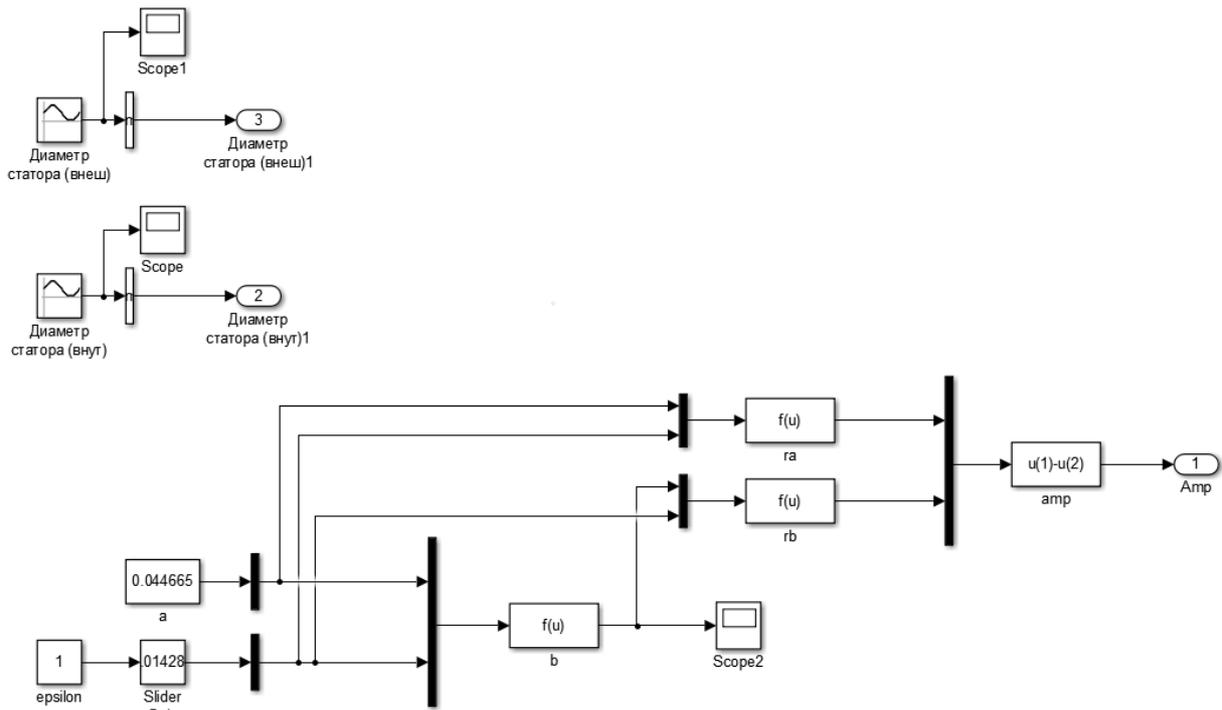


Рис. 3. Математический аппарат для задания эллипсности статоров крупных электрических машин

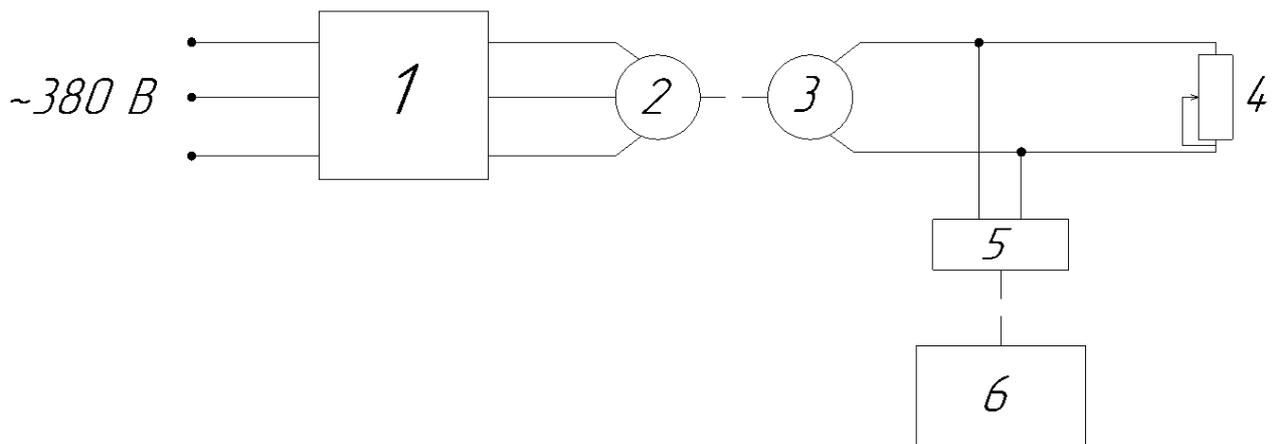


Рис. 4. Цифровой комплекс для диагностики автомобильных генераторных установок

Под цифрой 1 обозначен частотный преобразователь, от которого запитан асинхронный двигатель (цифра 2) для имитации работы ДВС автомобиля; вал асинхронного двигателя закреплен со шкивом автомобильной генераторной установки (цифра 3). К выводам автомобильной генераторной установки подключен цифровой осциллограф, передающий замеры в ПО (цифры 5 и 6). Для имитации бортовой сети автомобиля используется нагрузочный реостат (цифра 4).

Таким образом, комплекс цифрового проектирования транспортных генераторных установок значительно повысит качество проектирования продукции путем снижения уровня допусков. А также этот комплекс может стать новой вехой в области диагностики транспортных генераторных установок.

## Список литературы

1. Козловский В.Н. Проблемы повышения качества генераторной установки с использованием дискретной или полиномиальной моделей / В.Н. Козловский, В. Г. Евдокимов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2007. – № 5. – С. 35-37.

2. Козловский В.Н. Компьютерное моделирование влияния технологических особенностей формирования эллипсности статора на электромеханические характеристики автомобильной синхронной генераторной установки / В.Н. Козловский, А.С. Саксонов // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 3(32). – С. 74-80.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ БОРТОВОЙ СЕТИ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ

У.В. Брачунова

Самарский государственный технический университет,  
г. Самара

*Аннотация.* Современные автомобили перенасыщены электротехническими и электронными компонентами. Бортовая сеть легкового автомобиля при напряжении 14 В близка к пределу по токовым нагрузкам и условиям коммутации. Всё большую актуальность приобретают вопросы повышения уровня номинального напряжения бортовой сети.

Развитие автомобильной промышленности и автотранспортного комплекса в целом является одной из доминант в экономике России и рассматривается в контексте инновационной политики государства. Одними из приоритетных направлений автомобилестроения в РФ согласно Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 апреля 2018 г. № 831-р являются: улучшение энергоэффективности и повышение экологических показателей транспортных средств, гармонизация требований технических регламентов, стандартов и правил с международной практикой; технологии электрификации транспортных средств (электромобили, гибриды) [1].

Для поддержания высокого уровня конкурентоспособности автомобилей от предприятий-изготовителей требуется всесторонне подходить к решению проблем качества и надежности продукции.

Современные достижения научно-технического прогресса привели к внедрению в структуру бортовой сети автомобиля многочисленных взаимосвязанных электротехнических и электронных комплексов и систем, обеспечивающих управление двигателем, безопасность движения, самодиагностику систем, создание комфорта и снижение утомляемости водителя и пассажиров, повышение экологических показателей.

Ресурс работы всех этих компонентов во многом зависит от надёжности функционирования системы электроснабжения автомобиля. Постоянно

возрастает установленная мощность потребителей электрической энергии бортовой сети легковых автомобилей с ДВС в среднем на 50 % по сравнению с предыдущими моделями. Бортовые системы насыщаются электронными компонентами, растет число силовых приводов, исполнительных электромеханизмов, увеличивается протяженность силовой и слаботочной электропроводки. Бортовая сеть автомобиля близка к своему пределу по токовым нагрузкам и условиям коммутации. В этой связи в автомобильных системах электроснабжения просматривается тенденция повышения напряжения уровня номинального напряжения бортовой сети.

При повышении номинального напряжения в системе электроснабжения соответственно происходит уменьшение токов в цепях потребителей, что позволит увеличить пропускную способность системы электроснабжения, а также приведет к улучшению экологических показателей, уровню надежности и экономичности.

Автомобильная система электроснабжения (АСЭ) – это совокупность электрооборудования, выполняющая функции генерирования, распределения и преобразования электрической энергии. При этом, необходимо учесть, что условия эксплуатации АСЭ имеют свои особенности, характеризующиеся такими факторами, как пыль, пары топлива и т.п. Таким образом, требования, предъявляемые к условиям работы бортовой сети автомобиля специфичны, а вопросы надежности, ресурса работы, технологичности, стоимости, ремонтпригодности и многих других параметров стоят довольно остро.

Вопросы повышения технико-экономических показателей бортовых систем автомобилей за счет выбора оптимальных величин напряжения питания для каждой группы потребителей и для систем в целом приобретает всё большую актуальность.

В 90-х годах крупные производители транспортных средств оценивали преимущества повышенного класса напряжения бортовой сети, и система 42 В была внедрена в некоторые модели автомобилей в Японии и США. Напряжение в безопасных пределах, избегая ударного порога 60 В, предотвращает возможное поражение человека электрическим током, в то же время дальнейшее увеличение напряжения снижает уровень электробезопасности. Фактически система, которая была определена как бортовая электросеть на 42 В, получала электроэнергию от аккумуляторной батареи 36 В. Считалось, что эта система обеспечивает в три раза большее напряжение, чем система 12 В, но в то время – это повышение было признано нерентабельным по сравнению с функциональными преимуществами и привело к отказу от внедрения бортового напряжения сети автомобиля 36/42 В.

В нашей стране на большегрузных автомобилях КамАЗ и Урал, а также на автобусах ЛиАЗ и Волжанин нашла применение система электроснабжения на два уровня напряжения 12 В/24 В, где произошел перевод стартера и некоторых потребителей на 24 В, а для остального электрооборудования 12 В [2]. В последние годы в связи со стремительным увеличением количества электрических и электронных систем и узлов в транспортных средствах и необходимости повышения уровня энергоэффективности наряду с низким

уровнем вредных выбросов за счёт экономии топлива, развитием технологий в области создания перспективных накопителей энергии и контрольно-измерительных систем, снова была признана актуальность исследования повышения напряжения бортовой сети.

Выделены основные группы бортового электрооборудования автомобиля: система зажигания, генераторная установка, электроприводы, коммутирующая аппаратура, система распределения электроэнергии, светосигнальная система, электропусковая система, электронная система управления. Для проведения комплексного анализа влияния уровня номинального напряжения бортовой сети во всех режимах эксплуатации автомобиля на работу бортового электрооборудования необходимо определить оптимальные величины напряжения питания для каждой группы потребителей и для систем в целом.

Таким образом, задача исследования состоит в рассмотрении влияния повышения класса напряжения на габариты и массу основных элементов электрооборудования легкового автомобиля с ДВС при сохранении их технических характеристик, определения для каждого из этих элементов оптимального значения напряжения в заданных пределах, обеспечивающие его номинальные характеристики при максимальных удельных показателях.

### Список литературы

1. <http://government.ru/docs/32547/>
2. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: учеб. / В.Е. Ютт. – 4-е изд., перераб. и доп. – М., Горячая линия-Телеком, 2006. – 440 с.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИНГИБИТОРОВ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ

И.Ф. Азаматов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

*Аннотация.* Статья посвящена ингибиторам гидратообразования применяемых для обеспечения безгидратного режима технологического процесса подготовки газа на промысле. В ней проведён сравнительный анализ различных ингибиторов, используемых в газовой промышленности. Описаны их преимущества и недостатки.

*Ключевые слова:* ингибиторы гидратообразования, гидраты, метанол, кинетические ингибиторы, антиагломеранты.

Одной из важнейших проблем при эксплуатации газопроводов является образование газогидратов. Отлагаясь на внутренних стенках труб, гидраты резко уменьшают их пропускную способность и могут привести к аварийной остановке эксплуатации газопровода. Затраты нефтегазовых компаний на предупреждение и борьбу с газогидратными пробками составляют значительную часть стоимости эксплуатации месторождений и транспорта газа. Поэтому сокращение эксплуатационных затрат на предупреждение и борьбу с

гидратообразованием в промысловых системах добычи газа и дальнейшего его транспорта вызывает немалый интерес со стороны многих добывающих и эксплуатирующих компаний нефтегазовой отрасли [1].

Газовые гидраты представляют собой твердые кристаллические вещества – клатраты, образующиеся из воды и углеводородов в определенных термобарических условиях.

Для борьбы с гидратообразованием могут применяться три различных класса химических реагентов: термодинамические ингибиторы гидратообразования; кинетические ингибиторы гидратообразования и антиагломеранты. Последние две класса известны как ингибиторы низкой дозировки.

*Термодинамические ингибиторы гидратообразования.* Термодинамические ингибиторы гидратообразования иногда называют «гидратным антифризом». Они являются на сегодняшний день наиболее распространенным классом химических веществ, используемых для предотвращения гидратообразования. Их действие проявляется в изменении основных термодинамических свойств системы с жидкостями, направленных на сдвиг равновесия условий гидратообразования в сторону более высоких давлений и более низких температур. Термодинамические ингибиторы добавляют в очень высоких концентрациях (до 60 % мас.). Производительность термодинамических ингибиторов гидратообразования обычно выражается через изменение температуры в равновесной кривой гидратообразования при заданном давлении и концентрации ингибитора.

Основными критериями выбора ингибиторов являются следующие: эффективность уменьшения равновесной температуры образования гидратов, стоимость, смешиваемость с водой и температура замерзания водных растворов, поверхностное натяжение, вязкость, взаиморастворимость с газом и конденсатом, а также способность к регенерации ингибиторов непосредственно на промысле с не большими потерями, особенно при достаточно большой стоимости ингибиторов.

В настоящее время на действующих месторождениях Крайнего Севера России в качестве ингибитора гидратообразования используется практически только метанол. Метанол – широко распространенный антигидратный реагент, используемый как для предупреждения гидратообразования, так и для ликвидации возникающих по каким-либо причинам гидратных отложений.

Его преимуществом является высокая степень понижения температуры гидратообразования, способность быстро разлагать уже образовавшиеся гидратные пробки, малая вязкость и низкая температура замерзания водных растворов.

Метанол, вводимый в газовый поток, благодаря малой вязкости и высокой упругости паров, легко распыляется и интенсивно испаряется. Благодаря своей летучести, что приводит к перераспределению паров воды и газа, он способствует интенсивному разрушению гидратов.

Метанол полностью растворяется в воде и газе. Однако, наряду с преимуществами, он имеет и недостатки: ядовит, токсичен, пожароопасен,

загрязняет окружающую среду. Он летуч и его пары особенно опасны для жизни обслуживающего персонала на промыслах.

Эти недостатки метанола как ингибитора делают целесообразной его замену на другие вещества, обладающие ингибирующими свойствами, но менее токсичные и опасные [2-4].

В качестве ингибиторов гидратообразования получили большое распространение антигидратные реагенты на базе гликолей (этиленгликоль ЭГ, диэтиленгликоль ДЭГ, триэтиленгликоль ТЭГ). В качестве ингибитора гидратов они достаточно широко используются на установках низкотемпературной сепарации НТС. Гликоли имеют сравнительно высокую растворимость в воде и смешиваются с ней в любых соотношениях.

Водные растворы ЭГ рекомендуется использовать при температуре до  $-35^{\circ}\text{C}$ , а при меньших температурах их вязкость значительно увеличивается, что затрудняется перекачку и подачу этиленгликоля в защищаемый участок, также увеличиваются потери давления на установке из-за аккумуляции доли растворов гликолей ЭГ в трубопроводе.

Водные растворы ДЭГ и ТЭГ оптимально применять до температуры  $-10^{\circ}\text{C}$ , а при меньших температурах задача отделения гликолей от жидкой углеводородной фазы является крайне трудоемкой.

Тем не менее, гликоли легко улавливаются из жидкостной смеси, а их регенерация не является сложной задачей, так как гликоля являются нелетучими соединениями, ввиду малой величины упругости их паров при температуре гидратообразования, из-за чего их растворимость в газе крайне мала, и они практически полностью остаются в жидкой фазе.

Недостатками являются высокая технологические затруднения при разделении эмульсии диэтиленгликоля с нестабильным конденсатом, высокая вязкость, высокая температура кристаллизации, что осложняет использование в северных условиях.

Следующий ингибитор гидратообразования термодинамического класса – хлористый кальций. Растворы хлорида кальция являются эффективным и дешевым ингибитором гидратообразования с способностью регенерироваться. Хлористый кальций не обладает токсичностью, по сравнению с метанолом, и он также производится в больших количествах.

Недостатками хлорида кальция являются: малые предельные рабочие концентрации растворов (30-32 %), необходимость постоянного контроля за концентрацией растворов, а также необходимость проведения мероприятий по предотвращению коррозионной активности растворов хлорида кальция. Растворы хлорида кальция, в первую очередь, следует применять при ликвидации сплошных гидратных пробок методом горячей промывки, для предупреждения образования гидратов при исследованиях разведочных скважин, а также при использовании в смесях с метанолом в качестве комбинированного ингибитора для существенного снижения стоимости ингибиторов без снижения его эффективности. Растворы электролитов вполне могут использоваться на небольших месторождениях, преимущественно в районах средней и южной полосы России и в странах СНГ.

В конце прошлого века разработаны принципиально новые ингибиторы гидратообразования *кинетического действия*, представляющие собой водорастворимые полимеры, в структуру которых входят атомы азота и кислорода.

Кинетические ингибиторы – предотвращают на некоторое время процесс зародышеобразования гидратов и замедляют рост жизнеспособных центров кристаллизации.

Главным преимуществом кинетических ингибиторов гидратообразования (КИГ) стала дозировка, которая кратно ниже дозировок термодинамических ингибиторов. Это позволяет существенно снизить операционные затраты. КИГ также имеет следующие преимущества: более высокий уровень экологичности; отсутствие необходимости регенерации отработанных растворов; возможность переоборудования существующих систем ввода метанола; сокращение затрат на транспорт и хранение ингибиторов.

В связи с перечисленными преимуществами в последнее десятилетие КИГ набирают все большую популярность у нефтегазодобывающих компаний при выборе методов борьбы с гидратообразованием. На сегодняшний день на ряде нефтепромысловых объектов зарубежных и отечественных компаний успешно прошли опытно-промышленные испытания и эффективно применяются ингибиторы гидратообразования низкой дозировки.

Применение кинетических ингибиторов в условиях России ограничено следующим:

- ограничения на вязкость раствора, поэтому концентрация не должна превышать 2 %;
- температура замерзания раствора близка к 0°С, что ограничивает применение в условиях Крайнего Севера;
- совместимость с пластовой минерализованной водой и нестабильным конденсатом;
- недостаточная надежность подхода ингибирования [5-7].

Для предотвращения гидратообразования при транспортировке нефти и газа всё большее распространение получают *антиагломеранты*, выгодно отличающиеся от кинетических ингибиторов более высокой эффективностью при очень низких рабочих концентрациях (0,1-0,3%).

Антиагломеранты по своей природе являются поверхностно-активными веществами, которые не влияют на термодинамические условия гидратообразования, не замедляют нуклеацию гидратов, но, при этом, способствуют образованию текучей гидратной суспензии, которая может свободно транспортироваться в режиме многофазного потока без образования гидратных пробок.

Таким образом, по своей сути антиагломеранты представляют собой ингибиторы отложений газовых гидратов. Недостатки таких ингибиторов заключаются в следующем:

- вследствие низких концентраций в водной фазе антиагломеранты не понижают точку замерзания воды и, следовательно, не могут применяться в

низкотемпературных условиях, при которых требуется одновременное предотвращение образования льда и газовых гидратов (данный фактор сильно ограничивает использование этого ингибитора в условиях Крайнего Севера);

- для эффективной работы антиагломерантов обязательно требуется наличие жидкой углеводородной фазы (нефть, конденсат) для образования и стабилизации эмульсии обратного типа (вода в масле);

- необходимость разрушения эмульсии при использовании антиагломерантов значительно усложняет технологический процесс [8].

Подводя итоги, следует сказать, что низкая стоимость и доступность метанола при гарантированном эффекте от применения делает его незаменимым, особенно в условиях Крайнего Севера. Благодаря этому метанол был и остается самым востребованным ингибитором гидратообразования на данный момент.

Использование кинетических ингибиторов является крайне перспективной технологией ввиду низких дозировок и высокой эффективности в борьбе с гидратообразованием, однако их применение все еще находится на стадии опытов и исследований.

Также возможным решением может являться комбинирование различных типов ингибиторов (так называемый синергизм). Но данное направление также находится на начальной стадии исследований и притом только за рубежом.

В связи с увеличивающейся добычей газа в условиях севера Сибири и вводом в эксплуатацию новых месторождений, потребность в эффективных ингибиторах гидратообразования будет расти. Из чего следует вывод, что актуальность проблемы совершенствования ингибиторов, и их утилизации необходимо в ближайшем времени.

### Список литературы

1. Хуснутдинов И.Ш. Основные технические решения по организации технологического процесса установки регенерации метанола УКПГ-1В Ямбургского месторождения / И.Ш. Хуснутдинов, Р.А. Махмутов. // Современные тенденции технических наук : материалы VI Международной научной конференции (г. Казань, май 2018 г.). – Казань: Молодой ученый, 2018. – С. 25-27.

2. Истомин В.А. Газовые гидраты в природных условиях / В.А. Истомин, В.С. Якутев. – М.: Недра, 1992. – 235 с.

3. Гриценко А.И. Природные и техногенные газовые гидраты / А.И. Гриценко, А.И. Истомин // Сборник научных трудов. – М.: ВНИИГаз, 1990. – 210 с.

4. Сулейманов Р.С. Предупреждение и борьба с гидратами при добыче, сборе и подготовке скважинной продукции: учебное пособие / Р.С. Сулейманов Р.С., В.В. Чеботарев, О.П. Кабанов, В.А. Ставицкий, А.Р. Хафизов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. – 306 с.

5. Келланд М.А. Промысловая химия в нефтегазовой отрасли: пер. с англ. яз. 2-го издания / под ред. Л.А. Магадовой. СПб.: ЦОП «Профессия», 2015. – 608 с.

6. Овчинников В.П. Гидратообразование при строительстве и эксплуатации скважин / В.П. Овчинников, Р.М. Ахтямов, Т.В. Юрецкая [и др.]. – Тюмень: ТИУ, 2020. – 80 с.

7. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 252 с.

8. Пат. 2735819 Российская Федерация, МПК С 09 К 8/524. Ингибитор гидратообразования – антиагломерант / А. С. Торгашин. – № 2019145743; заявл. 31.12.2019; опубл. 09.11.2020 Бюл. № 31. – 10 с.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СКВАЖИНЫ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОБЫЧЕ НЕФТИ

Т.Н. Сагитов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

*Аннотация.* Представленная работа описывает технологию установки устройств контроля притока, установленных на элементах заканчивания добывающих скважин. Специально разработанные устройства-клапаны размещаются в определенных интервалах ствола скважины в зависимости от траектории скважины и распределения фильтрационно-емкостных свойств пласта. Эти устройства позволяют не допустить преждевременного обводнения скважин. Также становится возможным проводить мероприятия по интенсификации нефтеотдачи поинтервально учитывая особенности строения пород-коллекторов.

Морские месторождения разрабатываются небольшим количеством скважин. Эти скважины, как правило, имеют большие дебиты, вызывают большие депрессии на пласт и имеют большую площадь контакта скелетом. Все эти особенности вызывают неравномерный приток фронта воды к скважине, что приводит к быстрой обводненности продукции. Для предотвращения неравномерного прорыва воды к скважине применяют интеллектуальное заканчивание. Оно представляет из себя разделение горизонтальной части на интервалы, которые при необходимости могут закрываться специальным оборудованием.

«Умная», «интеллектуальная» скважина (smart well, intelligent well) или «скважина с высокотехнологичной компоновкой» – скважина конструктивно объединяющая ряд компонентов для сбора, передачи и анализа данных о добыче и пласте, и способных управлять притоком на отдельных интервалах перфорации в целях оптимизации добычи, без внутрискважинных работ.

Устройства контроля притока

Устройства контроля притока могут быть классифицированы по следующим признакам:

По количеству позиций, которые они способны принимать:

– Двухпозиционные ICV, способные принимать только два положения («on/off»);

- Многопозиционные ICV (6-11 позиций), (рис. 1)
- ICV с неограниченным количеством позиций( рис. 2)

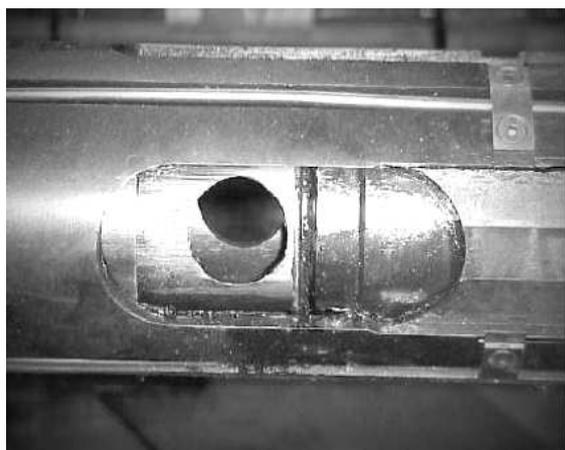


Рис. 1. Многопозиционное устройство контроля притока

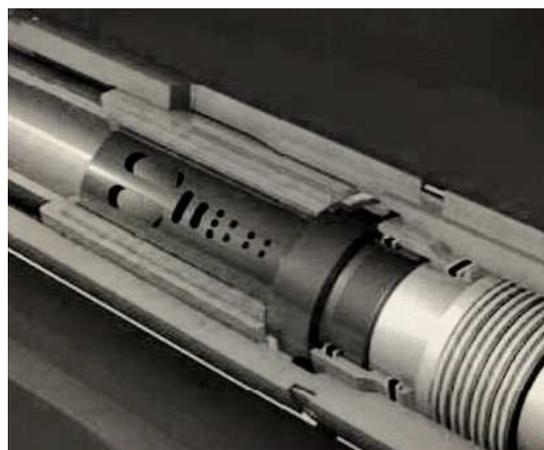


Рис. 2. Устройство контроля притока с неограниченным количеством позиций

По принципу применяемой системы управления:

- Гидравлические, применяемые для управления двух- и многопозиционными ICV
- Электрические, используемые для ICV с неограниченным количеством позиций
- Комбинированные электрогидравлические, используемые для всех типов.

### **Общая характеристика преимуществ и недостатков применения высокотехнологичных скважинных компоновок**

Преимущества:

- Возможность более гибкого по сравнению с обычными скважинами управления разработкой месторождения посредством регулирования добычи или закачки на отдельных интервалах перфорации
- Повышение коэффициента охвата пласта вытеснением
- Возможность получения в реальном времени данных о дебитах, забойных давлениях и температурах на отдельных интервалах применения этих данных для управления разработкой месторождения
- Возможность раздельного освоения и испытания отдельных зон
- Снижение эксплуатационных затрат за счет сокращения объема внутрискважинных работ( особенно на морских месторождениях).

Недостатки:

- Высокая стоимость
- Применение в основном ограничено высокодебитными фонтанирующими скважинами
- Техническая сложность установки, эксплуатации и, особенно, ремонта
- Возможность выхода из строя устройств контроля притока, датчиков из-за неисправностей, дефектов, отложений солей или парафинов.

### **Пример применения устройств контроля притока.**

Продуктивные отложения Приразломного месторождения сложены карбонатными породами. Для повышения приёмистости пласта впервые в мире в условиях арктического шельфа на нагнетательной скважине была применена технология заканчивания PremiumPort (клапан с устройством контроля притока/нагнетания), позволившая провести поинтервальную интенсификацию призабойной зоны и вести нагнетание с высоким расходом как через технологические отверстия, так и через устройства контроля притока (УКП). Данная технология позволила снизить риски прорыва воды на добывающей скважине и повысить эффективность системы заводнения.

Проводилась операция поинтервальной соляно-кислотной обработки на проектных давлениях и расходах. Горизонтальный ствол был разделён на пять участков, в каждом были установлены клапаны PremiumPort с УКП для нагнетания и порт для стимуляции, интервалы разделены заколонными надувными пакерами. На поверхности при каждом успешном открытии/закрытии клапана наблюдалась чёткая индикация. После стимуляции скважина была успешно протестирована и запущена в работу. Совместной работой инженеров-буровиков, специалистов отдела по заканчиванию скважин и моделированию удалось подобрать и установить клапаны PremiumPort и устройства контроля притока таким образом, чтобы приблизиться к проектным показателям работы скважины.

Для увеличения приёмистости пласта впервые в мире в условиях арктического шельфа на нагнетательной скважине была применена технология заканчивания с использованием клапанов PremiumPort, позволившая провести поинтервальную интенсификацию призабойной зоны и вести нагнетание как через технологические отверстия, так и через устройства контроля потока.

PremiumPort (Рис. 3) представляет собой специализированный клапан, имеющий несколько положений в зависимости от конструкции – открыто, закрыто, а также дополнительно возможна установка устройства контроля притока, обеспечивающего создание дополнительного перепада давления, следовательно, выравнивание профиля приёмистости при нагнетании. Перевод клапана из одного положения в другое осуществляется при помощи специального устройства-толкателя, так называемого «шифтинг-тула». Преимущество применения данной технологии состоит в том, что в скважинах, разделённых на интервалы эксплуатации по фильтрационно-емкостным свойствам, после кислотной обработки при прорывах воды муфту можно перевести в закрытое положение, изолируя зону с высокой обводнённостью. Клапан PremiumPort также можно устанавливать совместно с заранее подобранным противопесочным фильтром либо технологическим экраном, предотвращающим повреждение муфты, либо закупорку УКП. Более того, хвостовики, оснащённые клапанами-муфтами, технологически проще доставлять на забой горизонтальной скважины в закрытом положении муфт, что позволяет вести циркуляцию и отказаться от использования промывочных труб, а также осуществлять поинтервальную промывку скважины и кислотную обработку.

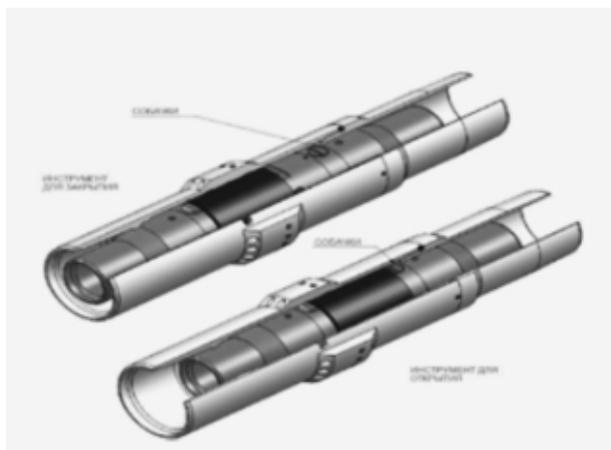


Рис. 3. Конструкция клапана PremiumPort

Клапаны PremiumPort переключаются в разные позиции с помощью инструмента-толкателя, который гарантирует безотказное управление – клапаном. Спуск инструмента осуществляется либо на ГНКТ, либо на колонне бурильных труб или НКТ. Жидкость для работы с инструментом закачивается в трубы или в затрубное пространство между спусковой и обсадной колонной. Инструмент срабатывает за счет разницы давления в колонне и в затрубном пространстве. Сдвиг внутреннего механизма толкателя активизирует выдвижные «собачки», которые в свою очередь сдвигают клапан в нужную позицию и защищают внутренние части инструмента от отложений и других твердых частиц, которые исторически были основной причиной отказа подобных инструментов. При сдвиге клапана в нужную позицию толкатель автоматически отсоединяется от клапана. Для открытия клапана инструмент поднимается выше клапана. После подачи давления в колонну инструмент проводится через клапан. Снижение веса говорит о сдвиге указательного кольца, после чего следует освобождение инструмента. Для закрытия клапана, инструмент спускается ниже клапана, подается давление в колонну, и инструмент проводится через клапан. Увеличение веса колонны на крюке свидетельствует о движении указательного кольца, после чего следует освобождение инструмента.

#### **Вывод.**

В условиях усложняющихся условий добычи углеводородов, особенно актуальным становится применение высокотехнологичного оборудования, позволяющего наладить оптимальную добычу углеводородов. Устройства контроля притока являются незаменимым решением при современной разработке и эксплуатации месторождений нефти.

#### **Список литературы**

1. Морозов О.Н., Андриянов М.А., Колода А.В. «Комплексный подход к разработке Приразломного нефтяного месторождения» // SPE-191574-18 RPTC-RU
2. Семикин Д.А., Нухаев М.Т. «Обзор систем мониторинга работы протяженных горизонтальных скважин при разработке контактных запасов» // EAGE Horizontal Wells 2017

3. Исмаков Р.А., Денисова Е.В., Черникова М.А., Сидоров С.П. «Система управления устройством контроля притока флюида в скважине» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019.

4. Еремин Н.А., Еремин А.Н. «Современное состояние и перспективы развития интеллектуальных скважин» // НЕФТЬ. ГАЗ. НОВАЦИИ. ООО «Портал Инноваций» ISSN: 2077-5423

5. Сысолятин А.А. «Высокотехнологичные скважины нефти и газа» // Инновационная наука. 2016 г.

## ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ КАРЕТКИ ВРАЩАТЕЛЯ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Г.Р. Латыпов, А.М. Файрушин

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

*Аннотация.* При изготовлении каретки вращателя буровой установки одним из критериев качества изготовления изделия является параллельность боковых элементов конструкции (щёк) относительно друг друга. Учитывая высокие требования, предъявляемые к геометрическим параметрам каретки и её распространённость в нефтегазодобывающей промышленности, возникает необходимость корректировки технологических процессов изготовления данной конструкции.

В работе проведен анализ влияния изменения геометрических параметров в процессе сварки конструкции каретки на появление дефектов бурового инструмента. Установлено влияние остаточных напряжений на изменение расстояний между противоположными щеками в разных точках относительно удаления от рамы, к которой они привариваются.

Получение таких данных позволит на этапе технологического производства прогнозировать возможные отклонения геометрической формы корпуса каретки и предусматривать компенсирующие мероприятия, либо обработку в процессе изготовления. Данные меры позволят улучшить качество изделия и повысить производительность производства.

Известна буровая установка, содержащая раму (площадку), смонтированную на шасси автомобиля, с шарнирно установленной на ней мачтой в виде прямоугольной рамы, снабженной направляющими для перемещения по ним с помощью роликов каретки с установленным на нем вращателем, механизм перемещения каретки в виде гидроцилиндра и тросово-талевого системы, при этом ролики установлены с возможностью взаимодействия с внутренней поверхностью направляющих, выполненных в виде швеллеров.

Каретка буровой установки (рис. 1) является связующим звеном между мачтой и вращателем. Перемещается она по внутренним поверхностям швеллеров мачты с помощью талевого системы и гидродомкрата подачи.

Каретка имеет 4 направляющих ролика, в осях которых расположены подпружиненные поджимные ролики, предназначенные для центрирования вращателя на мачте.

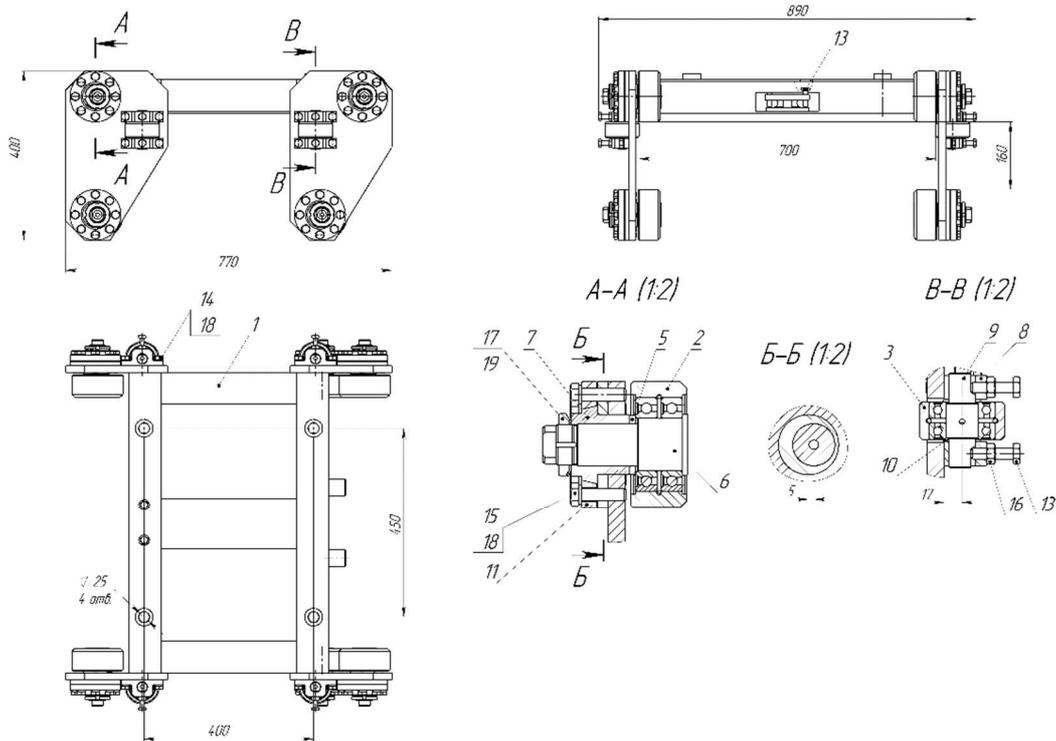


Рис. 1. Каретка

1-рама каретки; 2,3 – ролик в сборе; 5 – кольцо; 6,9 – ось; 7; - стакан; 8 – опора; 10 – шайба; 11 – крышка

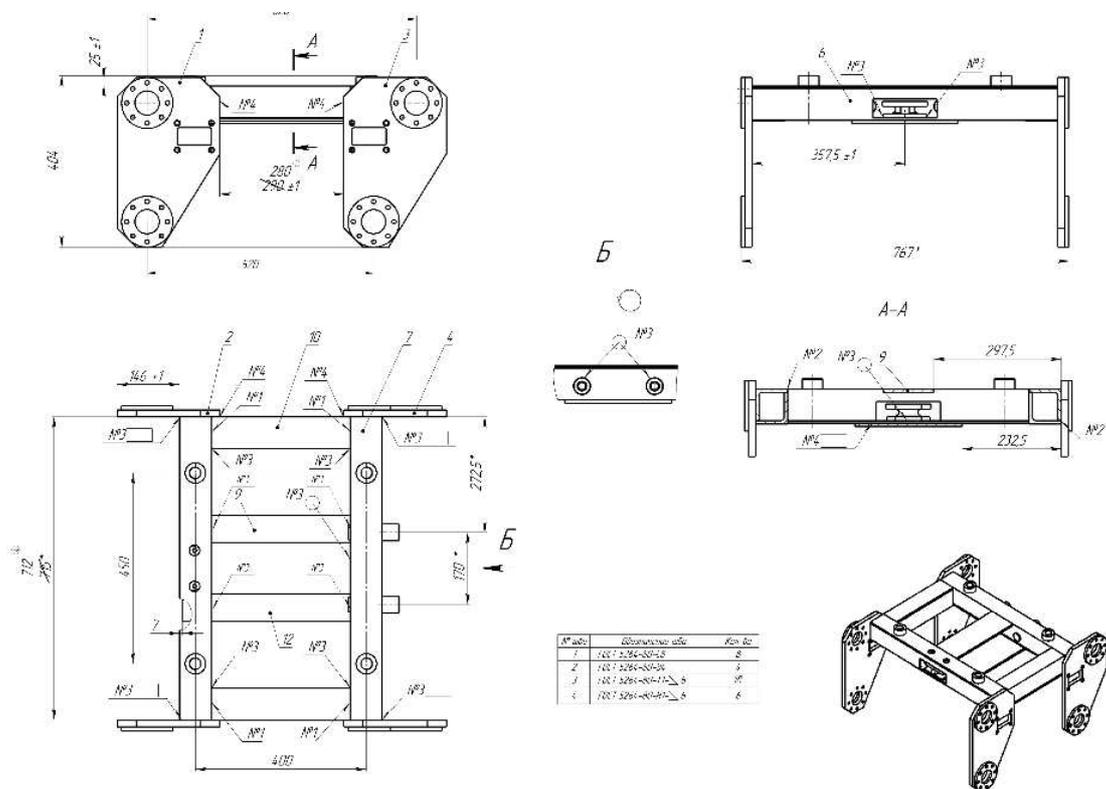


Рис. 2. Рама каретки

Одной из возможных причин несвоевременного устранения остаточных напряжений в щеках (поз. 1-4 рис. 2) каретки может привести к тому, что в процессе ее эксплуатации происходит износ рабочих поверхностей роликов

каретки и направляющих мачты в месте их контакта, что вызывает появление между ними зазоров. Это приводит к перекосу вращателя, а следовательно, и бурового инструмента, присоединенного к его выходному валу, вызывая деформацию бурового инструмента, что может вызвать усталостный излом выходного вала вращателя или бурового инструмента. Указанный дефект каретки снижает надежность работы буровой установки.

Производственный опыт показал, что у сварных балок, рам, станин и других корпусных конструкций, изготовленных из простых малоуглеродистых сталей и имеющих непосредственно после сварки достаточно высокую точность размеров, после дальнейшей механической обработки или вылеживания в течение двух–трех недель изменялся предел допусков, и они требовали дополнительной обработки. Основной причиной таких изменений являлось наличие остаточных напряжений, неизбежно сопутствующих процессу сварки.

Изменения геометрических размеров интенсифицируются под воздействием монтажных, транспортных и эксплуатационных нагрузок, а также с повышением температуры.

В зоне термического влияния возникает сильное изменение физико-механических свойств металла, в соединениях возникают остаточные напряжения и деформации.

Вследствии чего, возникает необходимость поиска технического решения, которое позволило бы:

- обеспечить надежное и практически жесткое с минимально допустимыми зазорами крепление каретки на направляющих мачты при использовании комбинированных условий качения и скольжения;
- обеспечивая при этом возможность регулирования зазоров между соприкасающимися элементами мачты и каретки, тем самым увеличивая срок службы элементов мачты и каретки;
- сокращая при этом время ремонтных работ;
- снижая стоимость буровых работ.

Одним из путей частичного или полного устранения остаточных напряжений, а также увеличения стабильности геометрических размеров сварных конструкций является традиционный способ, подвергая конструкции общей термической обработке (отпуску). Данный способ требует больших энергетических затрат и использования специализированного оборудования, что не всегда оправдывает производство.

Предлагается воспользоваться применением вибрационной обработки в процессе сварочных операций либо после них. Этот вид обработки снизит остаточные напряжения и уменьшит сварочные деформации [1-2].

Применение данной операции должно осуществляться до снятия временных технологических вставок, пока конструкция имеет заданные геометрические параметры.

Рассмотрение вибрационной обработки, как способ для снятия остаточных сварных напряжений в щеках рамы каретки и сравнивая полученные данные с отпуском оставляет задел для будущих исследований.

### Список литературы

1. Патент на изобретение RU 2424885 C1, 27.07.2011. Заявка № 2009149108/02 от 28.12.2009. Способ снижения остаточных напряжений в сварных соединениях металлов. / Файрушин А.М., Каретников Д.В., Зарипов М.З., Абдуллин Т.З., Ахтямов Р.М., Фазылов М.Р.

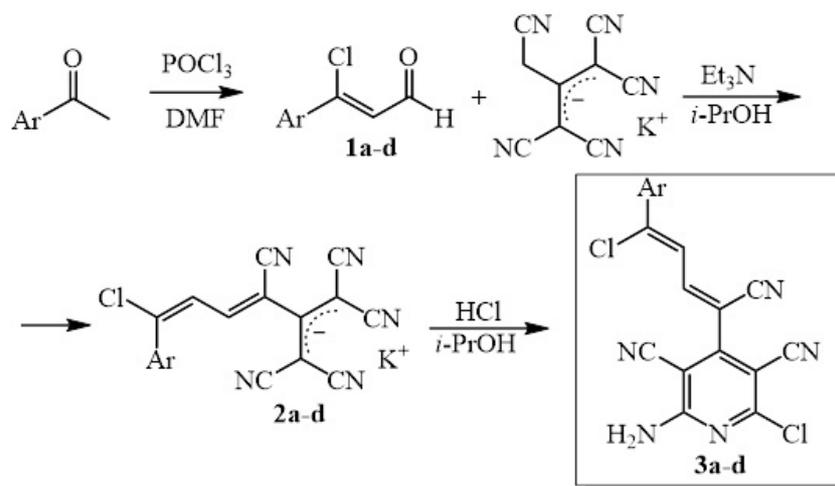
2. Ризванов Р.Г. Влияние параметров вибрационной обработки в процессе сварки на свойства сварных соединений / Р.Г. Ризванов, А.М. Файрушин, Д.В. Каретников // *Литье и металлургия*. – 2012. - № 3 (66). – С. 337-342.

## СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ХРОМОФОРОВ НА ОСНОВЕ 1,4-ДИАРИЛБУТАДИЕНОВ

А.Ю. Алексеева, И.И. Зайцева

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары

Органические хромофоры, демонстрирующие эффективную твердофазную люминесценцию, актуальны для практических применений. Их используют в качестве органических светоизлучающих диодов (OLED), органических светоизлучающих полевых транзисторов (OLEFET) и органических твердотельных лазеров [1]. Дизайн и синтез твердотельных эмиссионных органических молекул остается трудной задачей, поскольку необходимо предотвратить эффект тушения, вызванный агрегацией (ACQ) в твердом состоянии [2]. Одни из представителей данных хромофоров являются 1,4-диарилбутадienes. Синтез производных 1,4-диарилбутадienes базируется на взаимодействии коричневых альдегидов с производными бензонитрила. В данной работе нами предлагается новый подход, базированный на получении производных тримера малонитрила и последующем формировании электрондефицитного пиридинового кольца.



Ar=Ph (a), 4-MeOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, (b), 3,4-(MeO)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub> (c), 4-NO<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (d).

Рис. 1. схема синтеза соединений 3a-d

Полученные по реакции Вильсмейера-Хаака альдегиды **1** подвергались конденсации по Кневенагелю, в качестве метиленактивного соединения нами был использован тример малононитрила. Последующая гетероциклизация производных **2** производилась под действием раствора хлороводорода в изопропиловом спирте с выделением соединений **3**. Выход продуктов составляет 77-86 %.

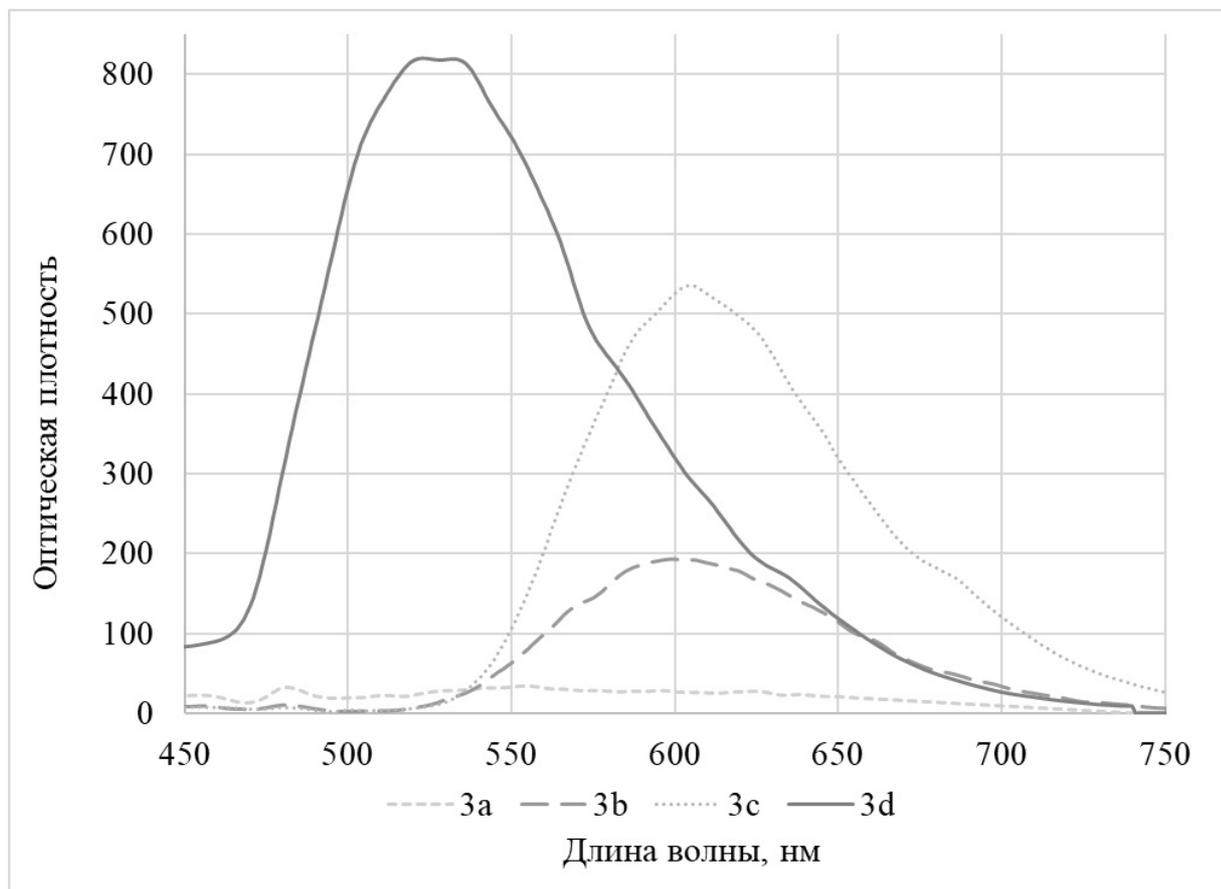


Рис. 2. спектры твердофазной флуоресценции соединений **3a-d**

Спектры соединений **3b-d** характеризуются широкими полосами флуоресценции с максимумами в области 530-607 нм. Однако соединение **3a** не показало наличие флуоресцентных свойств.

*Исследование проведено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-115.2021.1.3 (соглашение № 075-15-2021-081)*

#### Список литературы

1. R.H. Friend, R.W. Gymer, A.B. Holmes, J.H. Burroughes, R.N. Marks, C.Taliani, D.D. C. Bradley, D.A.D. Santos, J.L. Bredas, M. Logdlund, W.R. Salaneck, *Nature* 1999, 397, 121 – 128;
2. Peng An. *Facile Preparation of  $\alpha$ -Cyano- $\alpha,\omega$ -Diaryloligovinylenes: A New Class of Color-Tunable Solid Emitters* / Peng An, Nian-Sheng Xu, Hao-Li Zhang, Xiao-Ping Cao, Zi-Fa Shi, Wei Wen- *Chem. Asian J.* 2015, 10, 1959 – 1966;

# ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ КРАХМАЛА С ТЕРЕФТАЛЕВОЙ КИСЛОТОЙ

Е.Ю. Шумилова, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

*Аннотация.* В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой. Определена степень замещения полученных цитратов, которая составляет от 1,1 до 2,8 в зависимости от продолжительности и температуры синтеза. В ходе работы изучена кинетика ацилирования крахмала лимонной кислотой.

Нами были проведены опыты по синтезу сложных эфиров крахмала с терефталевой кислотой в присутствии тионилхлорида по ранее апробированной методике получения сукцинатов крахмала [1].

Полученные продукты, отмытые от непрореагировавшей кислоты, анализировали на содержание связанной терефталевой кислоты (рис. 1).

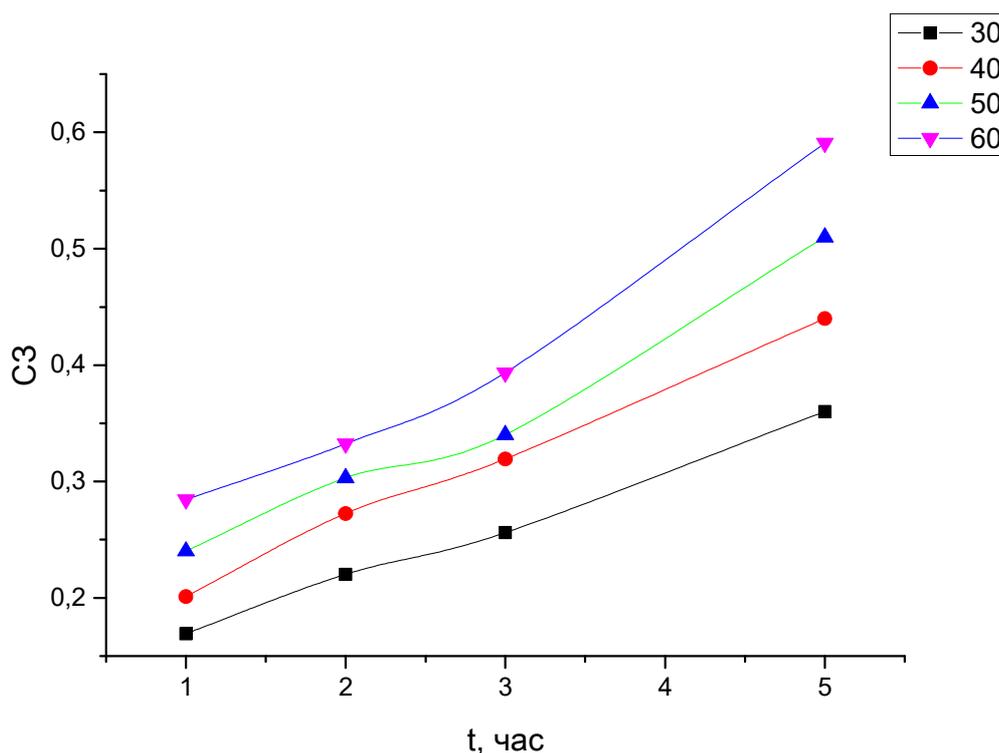


Рис. 1. Степень замещения в полученном продукте при различных температурах

Степень замещения в полученных продуктах изменяется в пределах от 0,1 до 0,58 в зависимости от температуры и продолжительности синтеза.

Полученные сложные эфиры крахмала были исследованы методом ИК-спектроскопии.

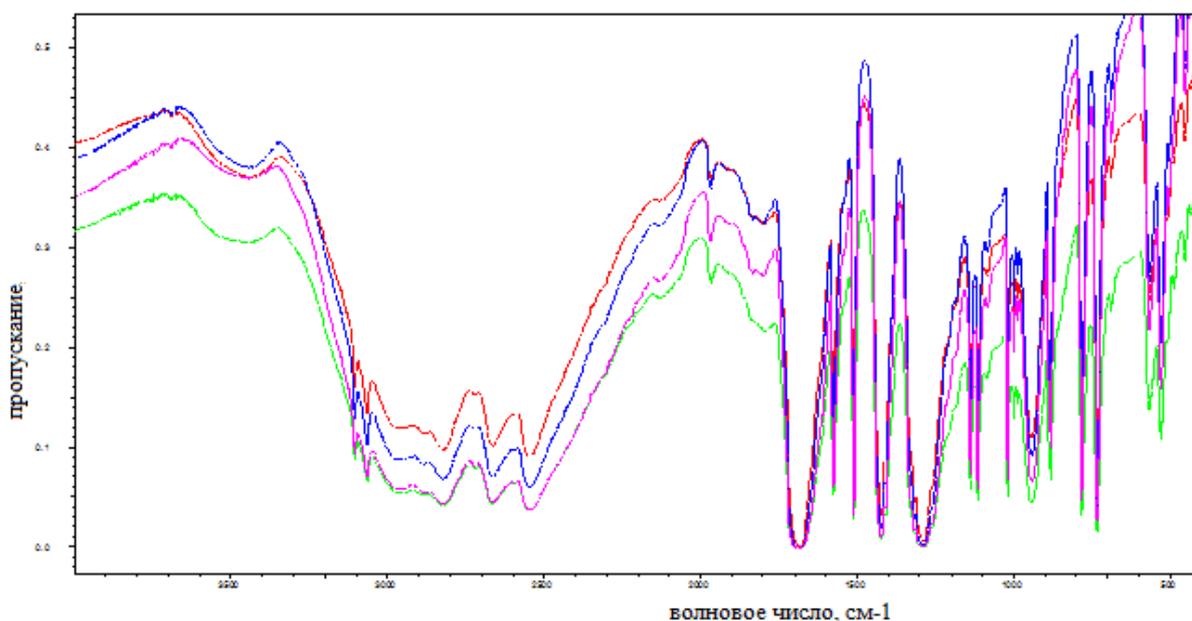


Рис. 2. ИК-спектры полученных продуктов крахмала при 2 (красный, синий) и 5 часах (сиреневый, зеленый) при температурах 30° (красный, сиреневый) и 50° С (синий, зеленый)

Как свидетельствуют приведенные ИК-спектры, в продуктах взаимодействия крахмала наблюдаются полосы поглощения в области  $1730\text{ см}^{-1}$  и  $1280\text{ см}^{-1}$  ответственные за колебания сложноэфирной связи. Характерные две полосы поглощения в области  $2650\text{ см}^{-1}$  и  $2550\text{ см}^{-1}$ , отвечающие за колебания карбоксильной группы, говорят о том, что реакция протекает только по одной карбоксильной группе.

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.

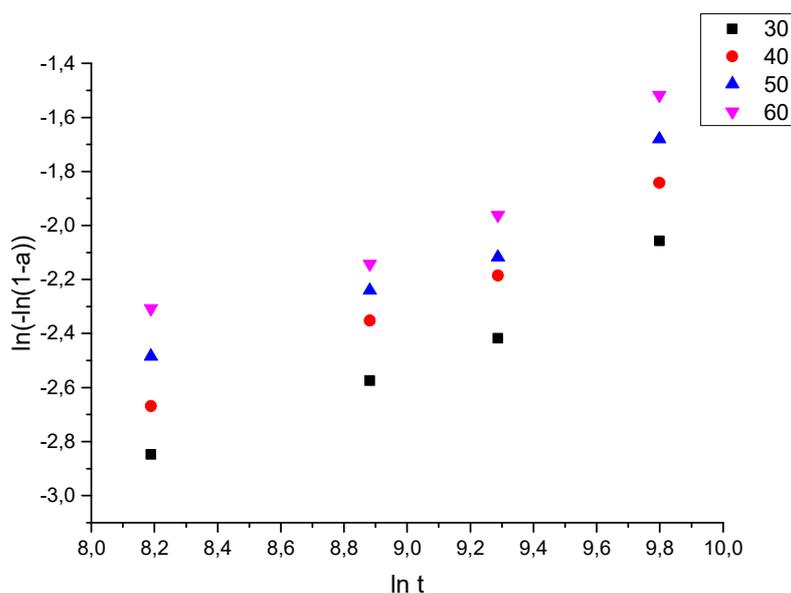


Рис. 3. Кинетические анаморфозы ацилирования крахмала терефталевой кислотой

Из построенных кинетических анаморфоз (рис. 3) были рассчитаны константы скорости реакции ацилирования крахмала и, впоследствии, рассчитаны кинетические параметры ацилирования с применением уравнения Эйринга. Энтропия активации составляет  $-284,4$  Дж/моль\*К, энтальпия активации  $25,8$  кДж/моль. Энергия активации, рассчитанная по теории Аррениуса составляет  $27,26$  кДж/моль, что говорит о протекании реакции по простому механизму в одну стадию.

### Список литературы

1. Шумилова Е.Ю. *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XIII Всерос. науч.-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием* / Е.Ю. Шумилова, Е.А. Нецадимова, А.В. Протопопов. – 2020. – С. 70-72.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ И ВОДОРΟΣЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИОУДОБРЕНИЙ ДЛЯ ТОМАТОВ

К.В. Шумицкая, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* Современное состояние фосфорсодержащих отходов и способы их утилизации остаются актуальными. Цель данного исследования заключалась в изучении возможности использования комплекса отходов фосфора и водорослей, культивирование хлореллы при различных концентрациях фосфорсодержащих отходов для дальнейшего использования суспензии в поливе опытного растения. В качестве опытного растения были выбраны семена томатов, выращивание которых в сельское хозяйство экономически выгодно.

В настоящее время часто используются синтетические удобрения в сельском хозяйстве, в том числе фосфорсодержащие удобрения, которые часто получают путем добычи полезных ископаемых из фосфоритных руд. В Казахстане находится одно из крупнейших месторождений фосфоритов, который обогащает весь рынок республики. Имеются и побочные эффекты от таких способов получения удобрений – большое количество отходов. Небольшое количество этих отходов используется в производстве строительных материалов, например, строительные блоки. Однако, основной проблемой утилизации большого объема фосфорсодержащих отходов является актуально не только для Казахстана, но и для всего мира [1].

В большинстве случаев применяют фосфорные удобрения из минеральных пород, экономически обоснованные запасы которых могут быть истощены в ближайшие десятилетия.

В связи с этим возникает необходимость внедрения инновационных методов переработки фосфорсодержащих отходов. В Швейцарии, например,

количество фосфорсодержащих отходов превышает годовое количество фосфора, обеспечиваемое удобрениями. На примере фосфита кальция, побочного продукта производства гипофосфита и фосфина, около 300 тонн фосфор сбрасывается в Швейцарию каждый год. По запасам фосфора Казахстан занимает четвертое место в мире. Интенсивное развитие фосфорной промышленности в 1970-80-е гг. привело к постепенному производству фосфоритов с высоким содержанием целевого компонента.

Возможность повторного использования фосфитов в качестве фосфорных удобрений в сельскохозяйственных системах может оказаться ценной [2].

Суспензия хлореллы – универсальное удобрение, которое сочетает в себе свойства биостимулятора и подходит для любого вида растений. Его использование улучшает качества почвы, ускоряет прорастание семян, укрепляет корневую систему, помогает защитить против болезней и вредителей, а также повышает урожайность плодов и декоративность цветов.

Кроме того, для выращивания зеленых микроводорослей, могут быть использованы различные отходы производства; даже с минимальным количеством питательных веществ, хлорелла способна увеличивать биомассу, очищая воду в процессе.

В исследовании использовали микроводоросли, выделенные из местного водохранилища города Шымкент – р. Река Кошкар-ата. Пробы воды были отобраны в различных точках реки. Образцы культивировали в Чашке Петри на твердой питательной среде Майерса [3].

Выращивание водорослей происходило на легких стеллажах при комнатной температуре 25 °С. Микроскопическое исследование водорослей проводили на биологическом и сканирующем микроскопе.

Объектами исследования были фосфорсодержащие отвальные шламы и шлаки и семена томатов. Штамм хлореллы культивировали в течение недели. Для посева использовали одноразовые пластиковые стаканчики семян томатов. В каждый стакан добавляли по 5 семян помидоров, которые замачивали на сутки в суспензии хлореллы.

Статистическую обработку результатов проводили путем вычисления среднего арифметического и стандартное отклонение. Данные были обработаны с использованием компьютера. В ходе исследований штамм хлореллы культивировали при различных концентрациях фосфорсодержащих растворов отходов. В результате было установлено, что всхожесть и развитие опытных растений были лучше. В образцах с добавлением суспензии хлореллы, которая находится в растворе только с содержанием фосфорсодержащих отходов. Более того, можно заметить закономерность, при добавлении суспензии к раствору при поливе семян улучшается всхожесть.

Растворы шлаков с микроводорослями положительно влияют на развитие семян томатов. Также было отмечено, что чашки, в которых были растворы с суспензией хлореллы меньше плесневеют и дольше сохраняют влагу, что, несомненно, является хорошим показателем для использования культуры микроводорослей в удобрениях.

По результатам исследования отмечается положительная динамика всхожести семян томатов при использовании комплекса раствора фосфорсодержащих отходов и культуры хлореллы. Таким образом, было установлено, что 20 % раствор слизи губителен для клеток хлореллы и семян тестовых растений, оптимальная концентрация для роста растений – 5 % раствор шлака с добавлением культуры хлореллы.

При проведении визуального наблюдения, всходы томатов были сильнее и более развиты в варианте фосфорсодержащего шлака и хлореллы.

Думаю, что работа в этом направлении будет продолжена на другие виды сельскохозяйственных растений.

### Список литературы

1. Дэниел Л. Чайлдерс Проблемы устойчивости, связанные с фосфором и пищевыми продуктами: решения от закрытия цикла фосфора человека / Дэниел Л. Чайлдерс, Джессика Корман, Марк Эдвардс, Джеймс Дж. Элзер. – В: Бионаука . 61, No. 2, 2011, pp. 117-124.

2. Гарни Махан А.З. Цианобактерии спирулины: биологические особенности и роль в биотехнологии / А.З. Гарни Махан, А.И. Анарбекова, Р.А. Абильдаева, А.Д. Дауылбай, Г.С. Рысбаева // Доклады Академии наук Республики. Университет Сатпаева г. Казахстана. – 2017. – №1 (311). – 124-129.

3. Усманов С. Исследование технологии получения новых форм фосфорсодержащих биоудобрений / С. Усманов, У.М. Тойпасова, Г.Т. Омарова, Э.Б. Козыбакова и др. // Химия и химическая технология. – 2014. – Т.57. – Вып.9. – С.73-77.

## ИНДУСТРИЯ 4.0 – НОВЫЙ ПОДХОД К БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И РАБОТНИКОВ

К.В. Шумицкая, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* По мере того, как принципы Четвертой промышленной революции, или Индустрии 4.0, становятся все более распространенными, ведущие промышленные организации внедряют новое поколение решений в области охраны окружающей среды, здоровья и безопасности (EHS) и безопасности предприятий, чтобы стимулировать инициативы по охране труда и технике безопасности и помочь обеспечивать безопасность и устойчивые операции. Цифровая трансформация промышленной рабочей силы также способствует повышению эффективности и в конечном итоге приведет к более предписывающему подходу к безопасности предприятий и работников. Это включает в себя повышение безопасности во многих различных аспектах, от улучшения процессов и рабочих процессов до укрепления культуры безопасности.

В текущей промышленной операционной среде повышенное внимание уделяется передовым технологиям, таким как подключенные устройства, инструменты дополненной и виртуальной реальности, анализ данных, машинное

обучение и мобильные приложения, которые являются частью набора инструментов цифровой трансформации.

Существует множество причин для ускорения цифровизации. Операторы заводов сталкиваются с сокращением рабочей силы из-за выхода на пенсию сотрудников, а сегодняшняя отраслевая среда создала проблемы с управлением доступом и социальным дистанцированием почти на всех производственных предприятиях. По мере того, как компании переходят от бумажных подходов к обеспечению безопасности работников, которые требуют времени для завершения, менее точны и усложняют процедуры отчетности, происходит переход к предварительной онлайн-регистрации [1].

Этот подход позволяет планировать вход на объект и интегрирует отслеживание местоположения в режиме реального времени, чтобы помочь с социальным дистанцированием и отслеживанием контактов, когда работники находятся на объекте.

Цифровизация помогает промышленным работникам соответствовать требованиям с точки зрения сертификации, управления утомляемостью и использования действующих средств индивидуальной защиты (СИЗ). Эти меры дополнительно повышают компетентность работников за счет обучения, использующего виртуальную реальность, чтобы операторы консолей, техники и другой персонал могли выполнить конкретную задачу до входа на объект.

Кроме того, значительно увеличилось внедрение решений EHS в масштабах предприятия. Цель состоит в том, чтобы защитить благополучие работников и окружающую среду, обеспечить глобальное соответствие перед лицом быстро меняющихся требований, а также повысить устойчивость и операционное превосходство [2].

Индустрия 4.0 чрезвычайно актуальна и приобретает все большее значение для современных промышленных объектов. Она представляет собой следующую волну повышения эффективности технологий на заводе или в фабричном цехе. Тем не менее, предприятия, желающие внедрить рабочие процессы, готовые к Индустрии 4.0, должны также модернизировать свои методы обеспечения безопасности на предприятиях и рабочей силе.

В эпоху промышленного Интернета вещей существует тесная связь между устройствами для защиты окружающей среды, здоровья и безопасности, а также полевыми устройствами, портативными устройствами безопасности и интеллектуальными носимыми устройствами – по сути, вся биометрическая подача в программное обеспечение EHS. Но, несмотря на непрерывный технологический прогресс, основной процесс отчетности и документирования инцидентов и рисков, связанных с безопасностью, по-прежнему основан на нисходящем историческом подходе, в котором по-прежнему преобладают ручные электронные таблицы и другие бумажные формы.

Новый уровень интеграции, масштабируемости и совместной работы, основанный на Индустрии 4.0, позволит операторам предприятий автоматизировать множество ручных процессов безопасности, устраняя человеческие ошибки и автоматически предоставляя важные данные для рабочих процессов, чтобы мгновенно реагировать на события.

Ведущие поставщики технологий разработали решения для обеспечения безопасности предприятий и рабочей силы, разработанные в соответствии с инициативами Индустрии 4.0, включая интеллектуальные носимые устройства, которые позволяют промышленным работникам более безопасно, надежно и эффективно выполнять свои задачи. Аналогичным образом, автоматизированные решения для обработки инцидентов позволяют операторам предприятий принимать решения по обеспечению безопасности предсказуемым и отслеживаемым образом [3].

Например, портативное газовое устройство может обнаружить выброс газа в начале рабочей смены. Если выброс достаточно мал, вполне вероятно, что работник продолжит выполнять свои обычные обязанности до конца дня. При использовании ручного процесса рабочему потребуется время, чтобы записать заметки и наблюдения о выбросе газа в конце смены. Эта информация может быть не такой полной и точной, как необходимо. Благодаря интегрированному и автоматизированному решению по обеспечению безопасности информация об утечке газа будет напрямую передаваться операторам диспетчерской для сравнения с показаниями стационарных детекторов газа. Он также будет предоставлен программному обеспечению EHS для записи типа газа, связанного с выбросом, уровня воздействия на работника и времени, когда произошло событие.

Параллельно с этим процедуры, связанные с EHS, потребуют, чтобы выбросы газа были задокументированы как часть нормативной отчетности. Этот процесс включает в себя аналогичное сравнение информации от стационарных и переносных устройств безопасности, включая сведения о происхождении инцидента, объеме выпущенного газа и времени события. Благодаря автоматизированным и совместным инструментам безопасности автоматически запускается экологический рабочий процесс, при этом вся соответствующая информация включается в отчет для EHS, руководства предприятия и компании.

Используя различные источники данных в механизме анализа данных, операторы предприятий могут выявлять тенденции в технологических активах, чтобы реализовать более предсказуемый подход, который снижает вероятность того, что одно и то же событие произойдет в будущем.

Аналогичные достижения в области автоматизации и интеграции происходят в областях соответствия требованиям и управления компетенциями. Передовые технологии помогают промышленным организациям гарантировать, что их работники имеют необходимую подготовку и соответствие требованиям для получения электронного разрешения на работу и выполнение своих функций на заводе.

Например, сотрудники с разрешениями на проведение огневых работ могут находиться в конкретном блоке в момент утечки газа. Интегрированная технология безопасности позволит заблаговременно обнаруживать утечку, автоматически инициируя общий сигнал тревоги и отправлять уведомление в систему электронного разрешения на работу, обеспечивая приостановку всех разрешений на проведение огневых работ до тех пор, пока утечка не будет разрешена. Эта возможность помогает руководству завода принять взвешенное

решение о возможной эвакуации блока и, таким образом, свести к минимуму последствия взрыва или другого катастрофического события.

С точки зрения компетентности персонала, новые цифровые инструменты поддерживают такие решения, как помощник работника или эксперт по вызову, когда удаленное руководство может быть предоставлено в режиме реального времени через гарнитуру и видеопоток опытным работником за пределами рабочего места или изолированным дома, менее опытному сотруднику в этой области.

В настоящее время есть четкие доказательства того, что интеграция решений для растений и окружающей среды, здоровья и безопасности является ценным аспектом Индустрии 4.0 и инициатив, связанных с промышленной гигиеной. Цель состоит в том, чтобы повысить эффективность рабочей силы, а не сократить ее. Новые технологические разработки создают рабочую силу умных, подключенных к сети работников, одновременно повышая производительность и безопасность на заводе [3].

Цифровизация также повышает уровень доверия внутри промышленных организаций и их процессов, а также между сотрудниками на местах. Это также включает в себя достижение целей соответствия и компетентности на всех уровнях рабочей силы предприятия.

### Список литературы

1. Фомина А.В. Индустрия 4.0. Основные понятия, преимущества и проблемы / А.В. Фомина, К.Ю. Мухин // *Экономический вектор*. – 2018. – №3(14). – С.33-38.

2. Куприяновский В.П. Трансформация промышленности в цифровой экономике – проектирование и производство / В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, Н.А. Уткин, Д.Е. Николаев, А.П. Добрынин// *International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 5, no. 1, 2017. С.50-69/*

3. Охрана труда 4.0. От реактивной – к проактивной модели охраны труда // *Пульс управления*. – 2019. – №4. – С.6-9.

## АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ УВЕДОМЛЕНИЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ ДАВЛЕНИЯ И ФАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ СБРОСА ПРИРОДНОГО ГАЗА ЧЕРЕЗ ПСК

П.Г. Алексеева  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В статье представлен анализ сезонного завышения давления газа на объектах сетей газораспределения и газопотребления, сброса и утечек природного газа через ПСК. Определены количественные, качественные и характерные признаки указанных проблем на основе объективных данных.

При проведении научно-исследовательских работ проведен анализ и аварийных событий завышения показателей давления на выходах объектов газораспределения и газопотребления, находящихся в эксплуатации газораспределительной организации (ГРО) по комплексному статистическому анализу данных аварийных push-уведомлений организованным в интернет-мессенджере Skype.

Также проведен статистический анализ данных замеров уровня загазованности на выходах низкого давления объектов в период с марта по июнь 2021 года.

Всего по завышениям на каналах низкого давления выше аварийного уровня принято 1253 сообщения по 102 объектам за 30 дней (в среднем выше 42 сообщений в сутки). Всего за один месяц, таким образом, проблема проявилась на 19,17 % из всего количества объектов, относящихся к ведению ГРО и включенных в систему телеметрии (всего 532 объекта).

Выявлена очевидная суточная периодизация – абсолютное большинство аварийных сообщений системы уведомлений формируется с 23:00 до 6:00 (92 % всего количества уведомлений) – что позволяет уверенно сделать вывод о суточной периодизации завышений давления (что, очевидно, связано со снижением отбора газа основными потребителями в ночное время и, как следствие – со значительным повышением давления на выходе объектов газораспределения).

В качестве иллюстрации приведем типичный график давления на выходе Нд в программе телеметрии – показывающий явные ежесуточные циклы.

Выявлена очевидная сезонная периодизация завышений – так, по сравнению с показателями апреля и мая, в июне число уведомлений ежегодно вырастает в 3-5 раз, причем наиболее число сообщений (более 40 в день в среднем) стало фиксироваться с первой декады июня, достигло максимума к середине июня (85 сообщений в сутки от 50 объектов) и до конца июня сохранялось на завышенном от среднего за месяц уровне (выше 42 уведомлений за сутки).

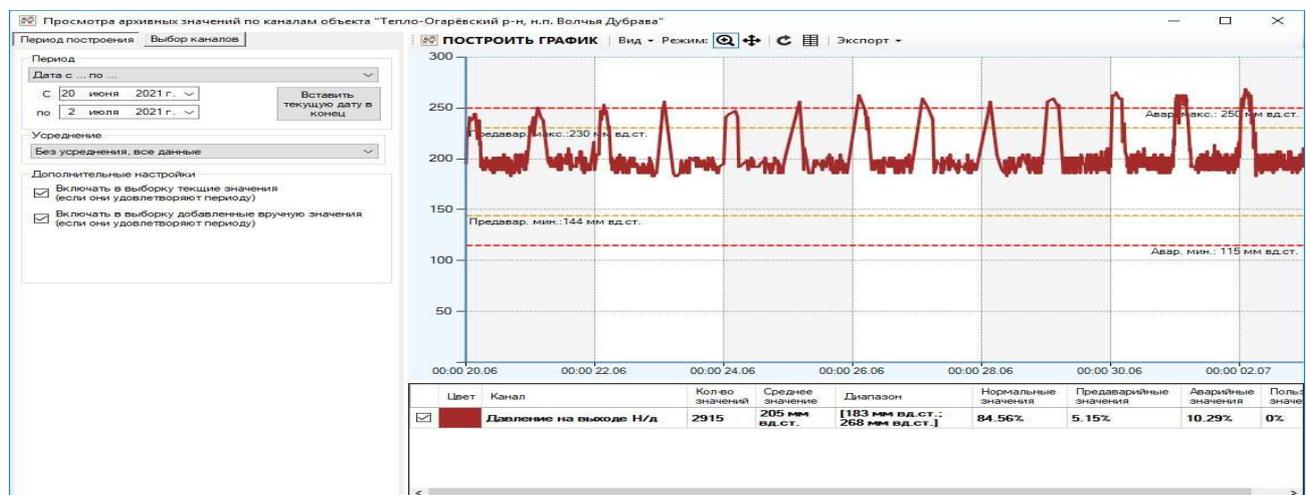


Рис.1. Типовая суточная цикличность завышений на объектах

На 23 объектах, попавших в список аварийных завышений по линии низкого давления, наблюдается аналитический признак сброса газа через ПСК (очевидно наблюдаемое «плато» по уровню давления действительного порога сброса).



Рис.2. «Плато» сброса через ПСК

Таким образом, в общем итоге превышения аварийного уровня давления газа по линиям низкого давления достаточно многочисленны (до 20 % всех объектов, оснащенных телеметрией), имеет явно выраженную суточную периодизации и сезонный характер.

Результаты проведенного исследования применены для проведения сезонных организационно технических мероприятий по переналадке газорегулирующего оборудования, а также обобщены программно-аппаратным комплексом [1, 2] и включены в обучение созданной нейросети для раннего оповещения аварийно-диспетчерского персонала о возможных нештатных ситуациях.

### Список литературы

1. Густов С.В. Технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления / С.В. Густов, Н.Ю. Воробьев, С.Н. Пахомов, Г.Ю. Царьков, М.В. Панарин // Газовая промышленность. – 2019. – №3. – С. 88-93.

2. Царьков Г.Ю. Особенности профилактики аварий на объектах газораспределительного комплекса / Г.Ю. Царьков, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, А.А. Маслова // Промышленные АСУ и контроллеры – 2018 № 5. Оборудование для измерения и автоматизации производства, стр. 58-62.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Е.В. Малухин, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В работе предлагается система «умного» мониторинга, направленная на совершенствование системы мониторинга загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями в Архангельской области. Реализация предложенных мер по внедрению системы «умного мониторинга» позволит основательно улучшить экологическую ситуацию в Архангельской области, что благотворно скажется на здоровье и благосостоянии населения региона и обеспечит экологическую и национальную безопасность данного субъекта РФ.

Архангельская область расположена на северо-востоке от крупнейших центров Российской Федерации – городов Москвы и Санкт-Петербурга. Наличие автомагистралей и железнодорожного сообщения обеспечивает интенсивные связи между субъектами Российской Федерации. Дополнительным преимуществом Архангельской области является наличие выхода к морю, что обеспечивает развитие рыбного хозяйства, судостроения, а также деятельности судоходных и сервисных компаний.

Важнейшим преимуществом экономики Архангельской области является наличие двух промышленных кластеров – судостроительного и лесоперерабатывающего. Деятельность судостроительных организаций ориентирована большей частью на выпуск единичной продукции для нужд военно-промышленного комплекса. Лесоперерабатывающий кластер обеспечивает комплексную переработку леса и выпуск конкурентоспособной продукции как на российском, так и на международном рынке.

Для решения существующих экологических проблем и обеспечения устойчивого развития региона необходимо обладать объективной информацией о состоянии окружающей среды. Единственно возможный путь получения такой информации – мониторинг, включающий систему наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, результаты которого обеспечат комплексную оценку экологического состояния окружающей среды, степень антропогенного воздействия, а также позволят сделать прогнозы развития экологических ситуаций с учетом внешних и внутренних факторов среды.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки мероприятий по снижению воздействия промышленных предприятий на окружающую среду.

Цель работы – усовершенствовать систему мониторинга загрязнения окружающей среды Архангельской области промышленными предприятиями.

Динамика загрязнения окружающей среды в Архангельской области демонстрирует положительный тренд, но по-прежнему остается на достаточно высоком уровне [1]. Следовательно, в Архангельской области необходимо

совершенствование системы мониторинга окружающей среды промышленными предприятиями.

Определим основные проблемы, существующие в системе мониторинга загрязнения окружающей среды Архангельской области в настоящее время.

Несмотря на многолетний мониторинг атмосферного воздуха в Архангельской области, следует отметить недостаточность точек измерения уровня загрязнения атмосферного воздуха и количества контролируемых загрязнителей в атмосферном воздухе. Постепенное расширение наблюдательной сети за счет организации стационарных постов и приобретения передвижных лабораторий в муниципальных образованиях Архангельской области, а также использование потенциала ведомственных лабораторий позволит более достоверно определять уровень загрязнения воздуха [2].

Недостаточность автоматизированных средств контроля приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и запоздалое получение информации об изменении качества окружающей среды под воздействием антропогенных факторов (данные со стационарных постов Северного УГМС за прошедший день появляются в 14.00-15.00 следующего дня) затрудняют принятие решений по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Имеющиеся руководящие документы по обработке и интерпретации данных мониторинга атмосферного воздуха требуют корректировки в соответствии с получаемыми на автоматизированных постах и передвижных лабораториях данными. Не использование данных, получаемых с автоматизированных стационарных постов для определения уровней загрязнения атмосферы городов Архангельской области в зависимости от индекса загрязнения атмосферы, расчет которых осуществляется Северное УГМС, затрудняет получение объективной информации об общем уровне загрязнения атмосферного воздуха.

Для повышения эффективности работы пунктов наблюдения актуально проведение мероприятий, направленных на снижение потерь информации, включая модернизацию (плановое обновление) парка технических средств, развитие парка резервного оборудования (подменного фонда системы) и совершенствование метрологического и методического обеспечения системы мониторинга качества атмосферного воздуха.

Задача обеспечения сбалансированного развития экономической и экологической систем региона определяет необходимость осуществления непрерывного мониторинга объектов водного бассейна с точки зрения выявления и отслеживания реальных и потенциальных возможностей и угроз социально-экономического роста, продуцируемых системой водного хозяйства региона [3].

Существующая в настоящее время система мониторинга водных объектов региона предоставляет важную информацию для проведения научного обоснованного регионального планирования и управления, поскольку вода является системообразующим и стратегическим ресурсом экономической системы региона. Как показывает практика последнего времени, умные технологии, способные обеспечить возможности оперативного сбора,

качественной обработки и эффективного использования большого массива данных, находят все больше применение и в мониторинге водных объектов, отличающихся значительной протяженностью и большой площадью даже в рамках отдельных водных бассейнов.

Мониторинговые точки для контроля загрязнения почвы необходимо размещать на территориях детских образовательных организаций, игровых, спортивных, детских площадок селитебной территории, лечебно-профилактических учреждений, в зонах рекреаций. Для оценки влияния качества почв населенных мест на здоровье в каждой мониторинговой точке должно быть проведено не менее шести исследований в год на химические, бактериологические, паразитологические показатели и охватывать все сезоны года.

Рекомендуется внедрение системы «умного» мониторинга загрязнения окружающей среды в Архангельской области (рисунок), которая позволит решить ряд важных задач в системе регионального управления:

- упростит взаимодействие между участниками региональной системы в отношении использования имеющихся водных ресурсов;
- унифицирует и оптимизирует форму данных взаимодействий;
- повысит степень оперативности и скоординированности совместной деятельности в отношении охраны окружающей среды.



Концептуальная схема «умного» мониторинга загрязнения окружающей среды в Архангельской области

Предполагается, что система будет собирать информацию о состоянии окружающей среды посредством объединения данных нескольких существующих систем наблюдения и автоматического контроля, установленных на предприятиях.

Система собирает данные о загрязнении окружающей среды от различных типов существующих источников экологически значимых сведений, а также малогабаритного измерительного оборудования, размещаемого на промышленных предприятиях.

Данные в режиме онлайн поступают на единую электронную карту, где видны все потенциально опасные участки и объекты.

Таким образом, реализация предложенных выше мер по внедрению системы «умного мониторинга» позволит основательно улучшить экологическую ситуацию в Архангельской области, что благотворно скажется на здоровье и благосостоянии населения региона и обеспечит экологическую и национальную безопасность данного субъекта РФ.

### Список литературы

1. Доклад «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2018 год». – Архангельск: Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области, 2019. – 454 с.

2. Доклад «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2019 год». – Архангельск: Министерство природных ресурсов и лесопромышленного комплекса Архангельской области, 2020. – 482 с.

3. Доклад «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2020 год». – Архангельск: САФУ, 2021. – 478 с.

## ПРИНЦИПЫ ДОСТИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА МАШИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

П.А. Ларина, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

*Аннотация.* В тексте работы рассматриваются вопросы обеспечения показателей качества деталей машин. Определяются основные понятия и логически-смысловые категории, важные для изучения данного вопроса. Рассматриваются цели и задачи технологического обеспечения показателей качества машин. Определяются основные свойства и характеристики, количественно определяющие качество, рассматриваются некоторые вопросы теоретических расчётов по теме исследования.

Проблема технологического обеспечения качества деталей машин решается на базе разработки типовых технологических процессов. Поскольку существует бесчисленное множество различных деталей, разобрать методы проверки качества для каждой из них не представляется возможным.

Все детали классифицируют, разбив их по типам. Такой подход оказался правомерным и полезным, поскольку можно выработать единство технологического решения для деталей каждого типа вне их связи с конкретной отраслью производства [1,3].

Возникает понятие о типовой детали. Так, например, зубчатое колесо встречается в технологии машиностроения и в приборостроении. Тем не менее, несмотря на огромную разницу в размерах, зубчатое колесо является типовой деталью и можно говорить о единых технологических методах и особенностях

приготовления таких деталей. Поэтому типовая деталь вызывает к жизни типовой технологический процесс.

Типовой технологический процесс /типология/ рассчитан на наиболее часто встречающиеся конструктивные решения деталей, устойчиво повторяющиеся элементы. Так, для деталей типа валов характерна ступенчатая форма, определяющая отношение длины к диаметру и др. Поэтому наиболее удобной является типовая обработка в центрах, выбор определенного вида оснастки и металлорежущих станков. Типовая технология является той основой поверхностного качества деталей, на которой могут реализоваться различные методы обработки с учетом эксплуатационных особенностей деталей. Валы, работающие на кручение, и валы, работающие в условиях изгиба знакопеременной нагрузкой, могут иметь одинаковые технические обработки [2].

Вместе с тем, должен быть проведен учет и наследственных явлений, и особенностей проведения финишных операций, которые могут весьма существенно отличаться в обоих случаях друг от друга. Так, валы, работающие на изгиб, должны иметь специфическую шероховатость поверхности и подвергаться специальной термообработке, чего в случае валов, работающих на кручение можно не предусматривать.

Задача повышения качества машин должна решаться путем повышения качества всех деталей, однако это требование не может быть распространено на все детали в равной степени. Существует круг деталей, которые в наибольшей степени определяют качество всей машины. Для таких деталей достигнуты весьма высокие показатели геометрической точности. Это достигается применением жестких и точных станков с использованием специфических методов обработки и высокоточных измерительных устройств.

Большую группу составляют детали типа колец, втулок и гильз. Достижение в производственных условиях высоких показателей качества может быть рассмотрено как своеобразная технологическая надстройка над основой в виде типового процесса обработки деталей [4].

Корпусные детали имеют две группы ответственных поверхностей, определяющих качественные показатели: отверстия под подшипники и плоские направляющие поверхности.

Названные типы деталей представляют собой основу создания машин. Детали в виде указанных выше тел вращения в общем количестве деталей машиностроения 35 %, на их изготовление приходится 27 % общей стоимости изготовления всех деталей; 15 % всех деталей составляют корпусные детали, но на их изготовление приходится 53 % общей стоимости. Таким образом, на изготовление оставшихся 50 % деталей расходуется только 20 % средств.

Для деталей типа плит геометрические показатели качества решающим образом зависят от их размеров. Так, для плит-столов 1120x630 мм отклонение от плоскостности в среднем не превышает 6 мкм, а отклонение от параллельности направляющих и основной плоскости стола находится в пределах 5 мкм [5].

Базовые детали в виде колонн стоек могут иметь точные направляющие элементы. Показатели качества в виде геометрических характеристик в этом

случае соответствуют отклонениям для поверхностей корпусных деталей плит и находятся в пределах 3-5 мкм. Для других деталей, которые имеют меньшее распространение в машиностроении, также существуют соответствующие показатели качества.

Приведенные значения не представляют собой предельно допустимую точность формы и размеров; они могут быть и более высокими.

Вместе с тем они показывают высокий уровень качественных характеристик, устойчиво достигаемых в механосборочном производстве. Во всех случаях, когда имеется возможность уменьшить требования к геометрической точности, это следует осуществлять по экономическим соображениям. Основная технологическая трудность достижения высоких показателей качества связана с тем, что каждый элемент технологической системы при ее функционировании вносит свои погрешности в общее значение показателя качества. Одним из методов оценки технологического влияния на показатель качества является использование положений теории вероятностей. Установление корреляционных зависимостей позволяет оценить влияние каждого из элементов на их суммарный результат.

Тем не менее, для такой оценки нужна своеобразная информация, полученная как результат измерений уже произведенной продукции. В этом случае существенно ослабляется действие человека на технологический процесс для его совершенствования.

### **Список литературы**

1. Буланов Э.А. *Детали машин. Расчет механических передач: учебное пособие* / Э.А. Буланов. – М.: Юрайт, 2016. – 202 с.
2. Иванов М.Н. *Детали машин* / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – М.: Высшая школа, 2010. – 408 с.
3. Лозовецкий В.В. *Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин* / В.В. Лозовецкий. – М.: Лань, 2012. – 706 с.
4. Мещерин В.Н. *Детали машин и основы взаимозаменяемости: учебное пособие* / В.Н. Мещерин, В.И. Скель. – М.: МГСУ, 2014. – 112 с.
5. Эрдеди А.А. *Детали машин* / А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди. – М.: Академия, 2012. – 288 с.

## Содержание

### ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тангалычев Р.Д., Березин Н.Б., Межевич Ж.В., Козьмин М.Д. Экстракция соединений Fe(II), Fe(III) в системе полиэтиленгликоль-2000 – KSCN - Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - H <sub>2</sub> O .....	3
Кулькова Е.А., Мельникова М.А. Анализ влияния железнодорожного транспорта на загрязнение водной среды в зоне Читинского участка БАМ, станция Уруша .....	5
Нечаева А.В., Остах С.В. Способ проектирования консорциумов биопрепаратов-нефтедеструкторов на основе оценки нефтеокисляющей активности микроорганизмов .....	9
Абдеев Э.Р., Сайтов Р.И. Энергосберегающая технология СВЧ-разделения водонефтяной эмульсии .....	16
Протопопов А.В., Курочкина Е.В., Гавриленко Г.А., Никулин Н.И. Изучение возможности получения сополимеров цитратов крахмала с ПВС .....	18
Гречко А.Н., Штепенко Д.Е., Воротникова О.В., Протопопов А.В. Кинетические закономерности ацилирования лигнина адипиновой кислотой .....	20
Курочкина Е.В., Гавриленко Г.А., Никулин Н.И., Протопопов А.В. Изучение кинетических закономерностей ацилирования крахмала лимонной кислотой .....	23
Протопопов А.В., Никитина Т.В., Комаров П.В. Исследование влияния ультразвука на ацилирование целлюлозы капролактамом .....	26
Воротникова О.В., Штепенко Д.Е., Гречко А.Н., Протопопов А.В. Изучение возможности получения сополимеров древесины и ПВС .....	29
Пушилина Ю.Н. Анализ видов загрязнений, возникающих при строительстве и реконструкции зданий и сооружений .....	31
Панарин В.М., Гришаков К.В., Маслова А.А. Гидрограф реки Упа и регулирование стока Щёкинской ГРЭС .....	33
Панарин В.М., Гришаков К.В., Маслова А.А. Оценка водного баланса пруда-охладителя Щёкинской ГРЭС .....	39
Панарин В.М., Гришаков К.В., Гришакова О.В., Маслова А.А., Корольков А.С., Архипов А.В. Мелкодисперсные частицы PM <sub>2.5</sub> .....	42

### ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Усов И.С., Нафиков И.И. Экологические вопросы применения кабеля из сшитого полиэтилена .....	44
Приходько И.А., Степанов В.И. Прогнозное обоснование водозаборов подземных вод .....	46
Столярова Е.П., Сазанова А.А., Добросмыслова И.А., Константинова Т.Г., Мухортова Л.И. Комбинированная очистка сточных вод от фосфора .....	50
Топталов В.С., Флисюк О.М., Марцулевич Н.А. Оценка эффективности прямоточного циклона новой конструкции .....	52
Андреева А.Н., Новикова Д.А., Ляшенко Н.В. Очистка сточных вод плодоовощного производства .....	54
Варданян М.А. Применение биоплато для очистки нефтезагрязненного грунта .....	56
Тусупов Т.Е. Анализ инженерно-технических мероприятий и подходов по ликвидации подземных скоплений углеводородов .....	59
Анисимова А.А. Технология комплексной очистки от неоднородных загрязнений территорий .....	62
Педяш М.Е. Технологические направления утилизации промышленных отходов в геокомпозитные материалы .....	66
Новикова Д.А., Флисюк О.М., Марцулевич Н.А. Особенности структуры и возможности применения кристаллических модификаций диоксида марганца .....	70

Остах С.В., Бутенко Е.В. Анализ рисков при разработке системы управления отходами бурения шельфа арктической зоны Российской Федерации .....	73
Волков А.В. Общий механизм возникновения колебательных процессов .....	76
Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Химические элементы лечат .....	86
Савинова Л.Н., Векшина В.А. Ферментативная активность почв в присутствии соединений меди .....	89
Минегулова Г.Р., Маслова А.А. Способы утилизации отходов предприятий нефтегазовой промышленности .....	94
Савинова Л.Н., Туляков С.П., Векшина В.А. Картирование содержания соединений меди в почвах г. Тулы .....	101
Минегулова Г.Р., Маслова А.А. Последствия поступления нефтесодержащих отходов для окружающей среды .....	105
Панарин В.М., Маслова А.А., Афанасьева В.И. Подходы к снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу морскими и речными судами .....	109
Панарин В.М., Маслова А.А., Афанасьева В.И. Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в транспортной логистике морских и речных судов .....	112
Панарин В.М., Маслова А.А., Афанасьева В.И. Парниковые газы, связанные с деятельностью морских и речных портов .....	114

### **МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Ванина А.С., Грехнева Е.В., Кудрявцева Т.Н., Денисов А.А., Липатов В.А. Разработка гемостатических губок на основе рыбного коллагена .....	117
Васильчикова Е.А. Оптимальная концентрация астроцитов при трёхдневном культивировании .....	119
Хадарцев А.А., Волков А.В. Закономерности формирования максимума эпидемического процесса <i>COVID-19</i> в России в начале 2022 года .....	121

### **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Бикмухаметова Д.Н., Ахвердиев Р.Ф., Миндубаева А.Р. Олимпиадная подготовка по высшей математике, как способ формирования универсальных компетенций у студентов технологических направлений .....	131
Бикмухаметова Д.Н., Алхалифх С., Миндубаева А.Р. Особенности социализации и обучения иностранных студентов в технологическом ВУЗе .....	133
Савинков С.В. Ключевые этапы антикризисной программы обучения руководителей предприятий малого и среднего бизнеса технологии продвижения «Маркетинговый конвейер» для усиления коммуникационной активности при реализации товаров и услуг предприятиям НГХК .....	135
Емелина И.Д., Крайнова Е.Д. Проблемы инклюзивного образования в России .....	138
Константинова Т.Г., Сазанова А.А. Экологический инжиниринг - одно из направлений подготовки кадров по экологии .....	140
Чаплыгина А.В. Использование технологии составления интеллект-карт для контроля и оценки результатов обучения по химии .....	142
Родионова И.В. Поликультурное образование как феномен социокультурного процесса в современном Российском обществе .....	145

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Никитаев В.М. Особенности работы сетевого протокола NLSP .....	149
Глушков И.В., Мешалкин В.П., Мухортова Л.И. Методология алгоритмического и программно-информационного обеспечения тренажеров для повышения энергоэффективности производств .....	153
Козлов А.В., Афонин М.А., Чистякова Т.Б. Программный комплекс для моделирования процесса извлечения редкоземельных элементов при освоении природных и техногенных месторождений .....	158

Чистякова Т.Б., Новожилова И.В. Архитектура системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию .....	161
Петров Д.Н., Чистякова Т.Б., Алтунина Д.В. Автоматизированное тестирование корпоративных веб-приложений .....	166
Шашихина О.Е., Чистякова Т.Б. Повышение эффективности производственного календарного планирования с использованием автоматизированной компьютерной системы .....	170
Полосин А.Н., Чистякова Т.Б., Русаль Н.С. Информационная система для дистанционного поиска и анализа инновационных технологических проектов молодых ученых технического университета .....	174
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. Диагностические критерии для контроля оптико-акустических параметров мягкого топливного бака вертолета МИ-8 в условиях ЧС .....	180
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 оптико-акустических параметров воздушного потока на входе мягкого топливного бака вертолета МИ-8 в условиях ЧС .....	181
Пушилина Ю.Н. Методы строительного и экологического контроля с использованием технологии аэрофотосъёмки .....	183
Утенков Е.М., Маслова А.А. Природоохранная деятельность ООО «Технопром инжиниринг» .....	184
Архипов А.В. Государственный мониторинг воздуха в России .....	187
Архипов А.В. Правила контроля качества воздуха в населенных пунктах .....	188

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Меденников О.А., Шабельская Н.П., Сидаш Е.А., Ульянова В.А. Исследование влияния предварительной подготовки фосфогипса на синтез сульфида кальция .....	191
Раджабов А.М., Шабельская Н.П., Сушкова С.Н., Ульянова В.А. Получение композиционного материала на основе $CoFe_2O_4$ для очистки от органического красителя .....	193
Саксонов А.С., Уразметова Д.Р., Козловский В.Н. Концепция комплекса цифрового проектирования и диагностики транспортных электромеханических преобразователей .....	195
Брачунова У.В. Перспективы повышения класса напряжения бортовой сети современного автомобиля .....	199
Азаматов И.Ф. Анализ эффективности применения различных ингибиторов гидратообразования .....	201
Сагитов Т.Н. Интеллектуальные скважины. современные технологии в добыче нефти .....	206
Латыпов Г.Р., Файрушин А.М. Технология сварки каретки вращателя буровой установки .....	210
Алексеева А.Ю., Зайцева И.И. Синтез и оптические свойства новых донорно-акцепторных хромофоров на основе 1,4-диарилбутадиенов .....	213
Шумилова Е.Ю., Протопопов А.В. Получение сложных эфиров крахмала с терефталевой кислотой .....	215
Шумицкая К.В., Маслова А.А. Использование фосфорсодержащих отходов и водорослей в производстве биоудобрений для томатов .....	217
Шумицкая К.В., Маслова А.А. Индустрия 4.0 – новый подход к безопасности предприятий и работников .....	219

Алексеева П.Г. Анализ аварийных уведомлений системы телеметрии по предельным значениям давления и фактических данных сброса природного газа через ПСК .....	222
Малухин Е.В., Маслова А.А. Совершенствование системы мониторинга загрязнения окружающей среды Архангельской области промышленными предприятиями .....	225
Ларина П.А., Маслова А.А. Принципы достижения качества машины технологическое обеспечение показателей качества деталей машин .....	228