

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  
XXVIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

Тула  
«Инновационные технологии»  
2020

УДК 61  
УДК 658.5  
УДК 67

ББК 91.9

**Приоритетные направления развития науки и технологий:**  
доклады XXVIII международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2020. – 134 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.

#### **Редакционная коллегия**

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

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

ISBN 978-5-6045071-0-0

© Авторы докладов, 2020  
© Издательство «Инновационные технологии», 2020

# ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ CLADOPHORA AEGAGROPILA ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

А.А. Халиуллина, С.В. Леонтьева

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

***Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследований способности водорослей семейства кладофоровых аккумулировать фенольные соединения. Доказана эффективность использования водорослей для доочистки сточных вод.*

***Ключевые слова:** водоросли *Cladophora aegagropila*, очистка сточных вод, соединения фенола (пара-трет-бутилфенол).*

Актуальной проблемой настоящего времени является антропогенное загрязнение водных объектов. С активным развитием промышленных предприятий развивается сброс сточных вод. Традиционные методы очистки недостаточно эффективны. Одним из перспективных методов очистки является биологический метод, с использованием водорослей семейства кладофоровых.

Весьма распространенный загрязнитель сточных вод фенол и его производные. Загрязнение происходит в результате деятельности различных производств (переработка древесины, нефтеперерабатывающие заводы, фабрики цветной металлургии, заводы пластмасса и т.д.) [3]. Производные фенолов широко используются практически во всех областях промышленности [2]. Известно, что токсичность фенолов зависит от их природы: увеличение длины и количества алкильных заместителей в ядре, как правило, увеличивает персистентность и способность к кумуляции в живых организмах. Фенол и его производные имеют достаточно низкий порог вкуса и запаха в воде. Значение ПДК для рыбохозяйственных водоемов фенола составляет – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, ПТБФ – 0,03 мг/дм<sup>3</sup>. Степень очистки сточных вод должна быть такой, чтобы соединения фенола не могли нарушить естественные процессы самоочищения, протекающие в водоемах, сохранили их для культурно-бытового и хозяйственного использования, а также для разведения рыбы [2].

Целью данной работы является исследование очистки сточных вод от фенольных соединений при помощи макроскопических зеленых водорослей рода *Cladophora aegagropila*. Кладофора шаровидная (*Cladophora aegagropila*) представляет собой колонию зеленых нитчатых водорослей. В природе может достигать 20 сантиметров в диаметре. Внутри шара водоросли отмирают,

образуя полость. Свободно перемещается по дну. Освещенные дневным светом начинают вырабатывать кислород, пузырьки которого придают кладофоре шаровидную положительную плавучесть [1]. Для изучения влияния различных концентраций на эффективность биоаккумуляции были поставлены 3 серии модельных опытов. Культивирование растений проводили в колбе путем погружения. Срок культивирования составил 24 ч. В качестве исследуемого вещества использовали гомолог фенола – ПТБФ. Так как фенол является летучим соединением и температура его кипения ниже. Начальная концентрация бралась на основе изученных литературных данных, наиболее приближенная к естественным условиям вод после химической очистки. Концентрация ПТБФ в модельном растворе составило 10 ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>). Для выращивания растений использовалась водопроводная отстоянная вода. Навеска макрофитов помещалась в конические колбы ёмкостью 500 мл в размере 20, 60, 120 г/л. Опыты проводились при комнатной температуре, 25 °С. Контролем являлась, загрязненная ПТБФ вода без внесения водорослей. Об эффективности очистки судили путем отбора проб после 2, 8, 16, 24ч методом газовой хроматографии. Основные параметры прибора: хроматограф (Хроматэк Кристалл); колонка – кварцевая капиллярная длиной 60 м, диаметром 0,25 мм толщина пленки 0,10 мкм; фаза – DB-1; температура термостата: начальная изотерма 50 °С, в течении 1 мин., подъем температуры до 50-300 °С со скоростью 4 °С/мин, конец изотермы 300 °С в течении 20 минут; газ носитель - азот, деление потока 1:60; объем вводимой пробы – 1мкл. Результаты эксперимента свидетельствуют, что наибольшая степень очистки воды от ПТБФ достигается после 24 часов опыта при массе водорослей 120 г/л. Очевидно, что с увеличением времени нахождения водорослей в растворе, остаточная концентрация ПТБФ снижается. Для достижения значений ПДК, количество водорослей *Cladophora aegagrophilia* должно составлять не менее 120 г/л, а время не менее 24 часов при начальной концентрации ПТБФ не более 0,3 мг/дм<sup>3</sup>.

В результате исследования установлено, что водоросли *Cladophora aegagrophilia* обладают высокой кумулятивной активностью по отношению к фенольным соединениям, и могут быть использованы для доочистки сточных вод от фенольных соединений до нормативных значений.

### Список литературы

1. Зайнутдинова Э.М., Ягафарова Г.Г. *Башкирский химический журнал*, 2013. – №3 – 150-152 с.
2. Майстренко В.Н. *Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей* / В.Н. Майстренко, Н.А. Ключев // *Бином*. – М., 2011. – 323 с.
3. Колчина О.Е. *Биологическая реабилитация сточных вод при помощи водоросли хлореллы* / О.Е. Колчина // *Образование и наука в современном мире. – Инновации*, 2019. – № 4 (23). – 126-134 с.

# КИНЕТИЧЕСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ЭПОКСИДОВ С ПОМОЩЬЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА, КАТАЛИЗИРУЕМОЕ ХИРАЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ Co(III) И Cu(II)

М.А. Емельянов, А.Р. Сташнева, Л.В. Яшкина, А.Ф. Смольяков,  
Ю.Н. Белоконь, В.И. Малеев, В.А. Ларионов  
Институт элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова  
Российской академии наук (ИНЭОС РАН),  
г. Москва

**Аннотация.** Комплексы Co(III) с хиральностью на металле и в лигандной сфере и комплекс Cu(II) с хиральным лигандом были протестированы в качестве катализаторов в реакции кинетического расщепления эпоксидов с помощью углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Данные системы катализировали реакцию расщепления в относительно мягких условиях, и в некоторых случаях удалось достичь фактора селективности ( $s=13.5$ ).

В настоящее время в мире стоит острая проблема глобального потепления, вызванная большим количеством парниковых газов в атмосфере, куда в свою очередь входит и углекислый газ. Это в большей степени связано с активным использованием человечеством ископаемых энергоносителей в качестве топлива. В связи с этим возникает потребность в утилизации углекислого газа. Одним из таких способов является использование CO<sub>2</sub> в реакции раскрытия эпоксидного кольца, где образуется важный продукт – циклический карбонат. Реакция раскрытия эпоксидов под действием углекислого газа является одним из зеленых методов получения циклических карбонатов. До настоящего времени в качестве катализаторов обычно использовали орагнокатализаторы на основе спиртов, аминов, (тио-)мочевин, обладающие свойствами доноров водородных связей, а в качестве нуклеофильного агента – четвертичные аммониевые соли. Также, для увеличения выхода, реакции приходится проводить при высоком давлении углекислого газа и при высоких температурах. [1]

Особую важность представляет получение энантиомерно чистых циклических карбонатов. Это достигается путем проведения реакции кинетического расщепления рацемического эпоксида в присутствии хирального катализатора в основном при высоком давлении CO<sub>2</sub> и зачастую высоких температурах (Рис. 1). [2]

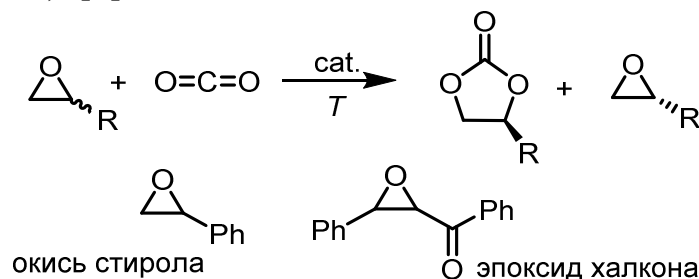


Рис. 1. Реакция кинетического расщепления эпоксидов с углекислым газом

В ходе реакции, в лучшем случае, хиральный катализатор должен активировать один из энантиомеров эпоксида за счет координационных или нековалентных взаимодействий, что приводит к образованию энантиомерно чистого продукта, а второй энантиомер с противоположной конфигурацией в реакцию не вступает. Отношение скоростей реакции двух энантиомеров, и есть фактор селективности ( $s=k_R/k_S$ ).

Недавно, в нашей лаборатории был разработан новый класс катализаторов – стереохимически инертные, положительно заряженные комплексы Co(III) с хиральностью как на металле, так и в лигандной сфере, в которых сам металл не участвует в катализе, а является комплексообразователем. [3, 4] Эти комплексы были получены из соответствующих хиральных диаминов и производных салицилового альдегида. В этих комплексах аминогруппы, координированные с ионом металла, являются эффективными донорами водородных связей. Так, полученные комплексы давали высокие энантиоселективности в межфазных реакциях. [4a]

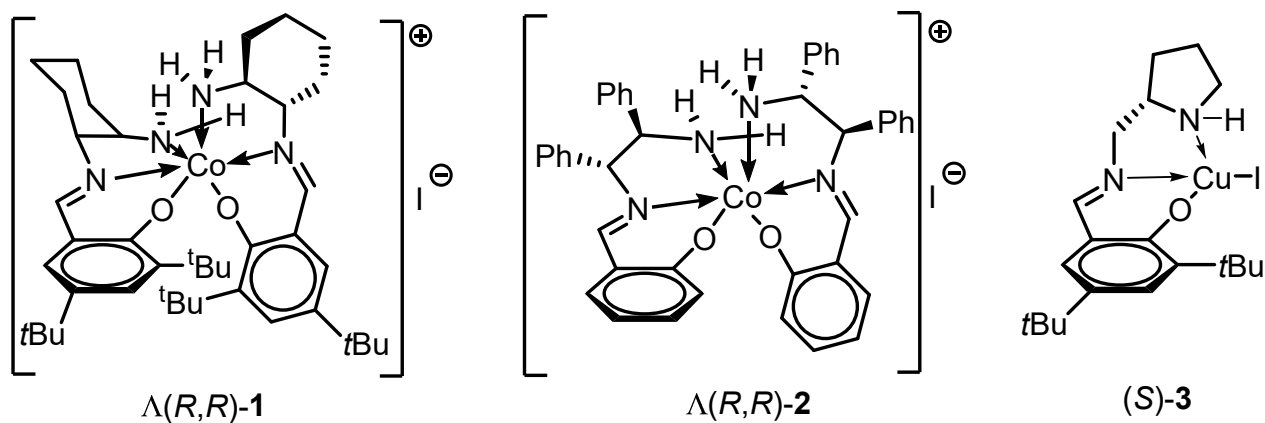


Рис. 2. Структуры хиральных комплексов Co(III) и Cu(II)

Преимуществом данной системы является, то что на внешней сфере имеется нуклеофильный иодид-анион, поэтому в раскрытии эпоксида не требуется использование со-катализатора для инициирования реакции. [5]

Представленные комплексы были протестированы в реакции кинетического расщепления с различными рацемическими эпоксидами. Наилучший результат в случае комплексов кобальта удалось достичь при использовании эпоксида халкона в качестве субстрата. Так реакция в присутствии 5 моль. % комплекса **2** при давлении 50 атмосфер CO<sub>2</sub> в толуоле дала продукт с 21 % выходом и энантиомерной чистотой 38 % *ee* ( $s=2,65$ ).

В случае использования медного комплекса **3** наилучший результат был достигнут при использовании окиси стирола. В ходе реакции в присутствии 5 моль.% данного катализатора и BINOLa удалось получить циклический карбонат с 85% *ee* ( $s=13,5$ ), но, к сожалению, выход при этом не превышал 10 %.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации, проект МК-3343.2019.3.*

### Список литературы

1. North M., Pasquale R., Young C., *Green Chem.*, 2010, 12, 1514-1539.
2. Wu X., Castro-Osma J.A., North M., *Symmetry*, 2016, 8, 4.
3. a) Belokon Y.N., Larionov V.A., Mkrtchyan A.F., Khrustalev V.N., Nijland A., Saghiyan A.S., Godovikov I.A., Peregudov A.S., Babievsky K.K., Ikonnikov N.S., Maleev V.I., *Russ. Chem. Bull.*, 2012, 61, 2252–2260; b) Belokon Y.N., Maleev V.I., North M., Larionov V.A., Savel'yeva T.F., Nijland A., Nelyubina Y.V., *ACS Catal.*, 2013, 3, 1951–1955.
4. Cruchter T., Larionov V.A., *Coord. Chem. Rev.*, 2018, 376, 95–113.
5. Rulev Y.A., Larionov V.A., Lokutova A.V., Moskalenko M.A., Lependina O.L., Maleev V.I., North M., Belokon Y.N., *ChemSusChem*, 2016, 9, 216–222.

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ АЛКИЛИРОВАНИЕ АМИНОВ КАРБОНИЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Е.С. Подъячева, О.И. Афанасьев, А.А. Цыганков, М.В. Макарова, Д.А. Чусов  
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,  
г. Москва

**Аннотация.** В данной работе проведено сравнительное исследование активности и селективности наиболее широко применяемых восстановительных агентов,  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{NaBH}_3\text{CN}$ ,  $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Pd/C}$ ,  $\text{CO/Rh}_2(\text{OAc})_4$ , в процессе восстановительного алкилирования аминов альдегидами и кетонами. Атомная экономичность, отражающая эффективность процесса, а также связанная с экологической составляющей посредством количества генерируемых отходов, была оценена для каждого из использованных восстановителей с помощью параметра «Эффективности реакционной массы (ЭРМ)».

Реакция восстановительного аминирования играет колоссальную роль в фармацевтической промышленности, поскольку примерно в 25 % случаев образование связей С–N проводится с использованием данной реакции. Исследование влияния разных восстановительных агентов на эффективность, селективность и, в том числе, атомную экономичность процесса восстановительного аминирования является важным этапом на пути к решению проблемы снижения количества отходов в фармацевтической промышленности.

Проведенное литературное исследование показало, что наиболее часто используемыми восстановительными агентами являются боргидрид натрия ( $\text{NaBH}_4$ ), цианоборгидрид натрия ( $\text{NaBH}_3\text{CN}$ ), трисацетоксиборгидрид натрия ( $\text{NaBH}(\text{OAc})_3$ ) и водород на палладии ( $\text{H}_2$ ,  $\text{Pd/C}$ ).

Монооксид углерода проявляет восстановительные свойства в реакции алкилирования аминов карбонильными соединениями в присутствии коммерчески доступного катализатора  $\text{Rh}_2(\text{OAc})_4$  [1] (Схема 1).

Экспериментальный сравнительный анализ эффективности восстановительного аминирования с участием каждого из восстановителей показал, что каталитический метод с участием монооксида углерода обладает наибольшей универсальностью, атом-экономичностью, и наименьшим числом побочных процессов [2]. Только этот метод позволил провести реакцию между аниридином и таким стерически затрудненным кетоном, как камфора, с препаративным выходом (69 %), причем диастереоселективно, с образованием только *экзо*-изомера. Не протекало побочных процессов восстановления исходных карбонильных соединений, которые в разной степени были отмечены при проведении процесса в присутствии боргидрида натрия и даже цианоборгидрида и триацетоксиборгидрида натрия.

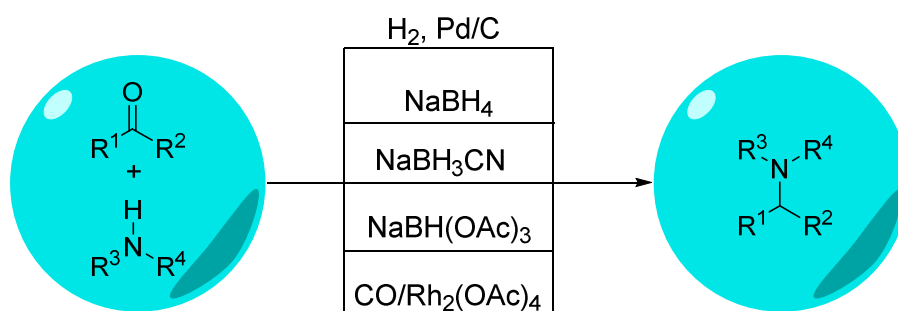


Схема 1. Восстановительное аминирование с использованием разных восстановительных агентов

Однако, главным преимуществом каталитической системы  $\text{CO/Rh}_2(\text{OAc})_4$  стала атомная экономичность процесса. Для оценки этого показателя был выбран параметр «Эффективность реакционной массы (ЭРМ)», который представляет собой отношение массы целевого продукта к суммарной массе всех использованных реагентов ( $k_1, k_2, k_3$  – показывают молярное соотношение реагентов, А, В, С – показывают массы исходных реагентов) (Схема 2).

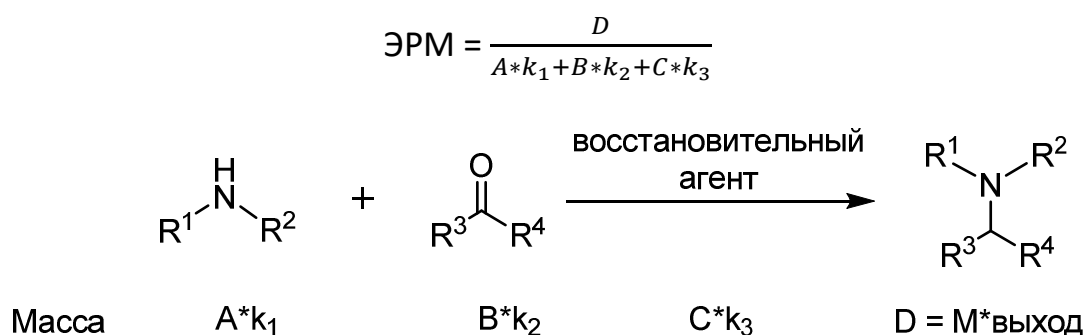


Схема 2. Расчет параметра эффективности реакционной массы (ЭРМ)

Показатель эффективности реакционной массы учитывает выход целевого продукта, следовательно, показывает общую эффективность процесса, а также отражает количество производимых в процессе отходов (меньшее количество отходов соответствует более высокому значению ЭРМ).

Величина показателя ЭРМ была определена для всех методов восстановительного аминирования с учетом особенностей каждого



восстановительного агента. В таблице приведены усредненные результаты 11 экспериментов, которые явным образом показывают, что атомная эффективность каталитического процесса с участием  $\text{CO/Rh}_2(\text{OAc})_4$  значительно превышает этот параметр для всех наиболее широко используемых восстановителей.

Значения параметра ЭРМ для восстановительного аминирования с разными восстановительными агентами

	$\text{CO/Rh}_2(\text{OAc})_4$	$\text{NaBH}_3\text{CN}$	$\text{NaBH}(\text{OAc})_3$	$\text{NaBH}_4$	$\text{H}_2, \text{Pd/C}$
ЭРМ	64.3 %	28.5 %	24.9 %	24.8 %	7.6 %

Таким образом, в рамках проведенного исследования было показано, что каталитическая система  $\text{CO/Rh}_2(\text{OAc})_4$  обладает такими преимуществами как универсальность, эффективность и селективность, по сравнению с классическими гидридными восстановительными агентами и  $\text{H}_2, \text{Pd/C}$  в реакции восстановительного алкилирования аминов карбонильными соединениями. Расчет параметра эффективности реакционной массы для каждого восстановителя показал преимущество  $\text{CO/Rh}_2(\text{OAc})_4$  и с точки зрения атомной экономичности.

*Исследование выполнено в рамках работ по гранту Президента РФ для молодых ученых МК-1736.2019.3.*

1. Chusov D., List B. Reductive amination without an external hydrogen source. *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2014. – Vol. 53. – P. 5199-5201.

2. Podyacheva E., Afanasyev O.I., Tsygankov A.A., Makarova M., Chusov D. Hitchhiker's guide to reductive amination. *Synthesis.* – 2019. – Vol. 51. – P. 2667-2677.

## **ВЛИЯНИЕ НЕФТИ НА МИКРОБИОЦЕНОЗ ПОЧВОГРУНТОВ**

А.Х. Сафаров, Г.Г. Ягафарова, И.В. Бурханова, Д.Х. Минимухаметов  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

*Аннотация.* В данной работе рассмотрен микробиоценоз почвогрунтов, загрязнённых различными типами нефтей (лёгкие, средние и тяжёлые). Из нефтезагрязнённых образцов выделено 7 родов углеводороддеградирующих бактерий, 2 рода микроскопических грибов и 1 род дрожжей. Установлены доминирующие колонии микроорганизмов, присутствующие в образцах почвогрунта с соответствующим типом нефти.

В связи с постепенным истощением запасов лёгкой и средней нефти, нефтяная промышленность постепенно ориентируется на добычу и переработку тяжёлой и битуминозной нефти, что соответственно приводит к возникновению проблем по восстановлению почвогрунтов, загрязнённых различными типами нефтей.

На сегодняшний день биотехнологические методы очистки нефтезагрязнённых почвогрунтов, с использованием нефтедеструктурирующих аборигенных микробных культур является перспективным направлением. Учитывая, что нефтезагрязнённые почвогрунты с разным исходным составом поллютантов имеют различный микробиологический состав, целью данной работы являлся анализ микробиоценоза почвогрунтов, загрязнённых различными типами нефтей.

Исследование микробного состава производили на реальных нефтезагрязнённых образцах:

– почвогрунты, загрязнённые лёгкой нефтью, с содержанием 3,6 % масс., отобранные на Саматлорском месторождении (образец № 1);

– почвогрунты, загрязнённые средней нефтью, с содержанием 6,8 % масс., отобранные на Сергеевском месторождении (образец № 2);

– почвогрунты, загрязнённые тяжёлой нефтью, с содержанием 2,3 % масс., отобранные на Нижне-Кармальском месторождении (образец № 3).

Пробы отбирали согласно ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор проб» [1].

Для проведения экспериментов пробы отбирались из почвогрунтов с различным первоначальным содержанием нефти и нефтепродуктов. Количество нефти и нефтяных продуктов определяли путем использования метода ИК-спектрометрии [2].

Для определения числа органотрофных микроорганизмов, в отобранных пробах почвогрунта, использовали метод Коха, путем произведения посева на агаризованную питательную среду – мясопептонный агар (МПА). Полученные результаты сведены в таблицу.

Определение имеющихся в образцах микроорганизмов устанавливали по следующим показателям: морфологическим, физиологическим и культуральным, согласно с [3, 4].

Количество органотрофных микроорганизмов, растущих на МПА

№ образца	Количество микроорганизмов, кл/г абс. сух. почвы
Образец 1	$(9 \pm 0,1) \cdot 10^6$
Образец 2	$(2 \pm 0,3) \cdot 10^6$
Образец 3	$(4 \pm 0,2) \cdot 10^3$
контроль*	$(1 \pm 0,2) \cdot 10^9$

контроль\* – образец, незагрязнённой нефтью и нефтепродуктами почвы

По результатам исследований выявлено, что нефть и нефтепродукты оказывают угнетающее влияние на микробиоценозы почв: количество

органотрофных микроорганизмов в нефтезагрязнённых средах на 3- 6 порядков ниже, чем в контрольных пробах, по причине ухудшения агрофизических, агрохимических характеристик почвы, снижения активности окислительно-восстановительных и гидролитических ферментных веществ, содержания в почве подвижных форм азота и фосфора. Выявлено негативное воздействие нефтяных загрязнений на прирост микромицетов.

В ходе проведённой работы из нефтезагрязнённых образцов было выделено 7 родов углеводороддеградирующих бактерий, 2 рода микроскопических грибов и 1 род дрожжей. В их числе: бактерии (*Arthrobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*), микромицеты (*Aspergillus*, *Fusarium*), дрожжи (*Candida*).

В результате эксперимента установлено, что в почвогрунтах, загрязнённых лёгкой и средней нефтью, доминирующие колонии микроорганизмов принадлежат к родам: *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*. Для образцов, которые загрязнены тяжёлой нефтью наиболее свойственно наличие бактерий из родов *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Pseudomonas* и микромицета *Fusarium*.

#### Список литературы

1. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.

2. ПНДФ 16.1:2.2.22-98. «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии».

3. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова; под ред. А.И. Нетрусова – М.: Академия. – 2005. – 352 с.

4. Шлегель Г. Общая микробиология: пер. с нем. / Г. Шлегель. – М.: Мир, 1987. – 567 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ С ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ

Ю.М. Собко, А.А. Шмидт, А.В. Жупикова, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

**Аннотация.** Рассмотрен процесс получения сложных эфиров целлюлозы с лимонной кислотой из древесины осины в среде неполярных растворителей. Методом потенциометрии определена степень замещения в полученных сложных эфирах целлюлозы, которая составляет от 0,5 до 0,9. Образование сложных эфиров целлюлозы с лимонной кислотой подтверждено методом ИК-спектроскопии.

Для создания бионанокompозитов используется достаточно широкий спектр различных реактивов, а также методов получения. В качестве исходного сырья используются целлюлозосодержащие материалы с разным процентным содержанием в них целлюлозы, в т.ч. плодовые оболочки злаковых культур, стебли и листья травянистых растений, кора, отходы после деревообработки и прочее. Создание целого ряда разнообразных композиционных материалов позволяет подобрать наиболее оптимальный вариант для каждой конкретно поставленной задачи в определенной промышленной области. Наиболее распространенным методом модификации растительного сырья остается химическая модификация, позволяющая по средствам проведения синтеза вводить в углеродный материал функциональные группы, придающие заданными свойства полученному продукту

В то время как во многих исследованиях отмечается успех в химических модификациях целлюлозы, ограничения и недостатки могут быть обнаружены при рассмотрении некоторых из этих систем. Целлюлоза нерастворима в воде и большинстве органических растворителей в обычных условиях из-за ее богатой кислородом природы и высококристаллических областей. Поэтому в ходе модификации целлюлозы в гетерогенных системах часто наблюдалась неадекватная дисперсия в реакционных средах, низкие значения замещения, длительное время реакции и побочные реакции.

Так, например, для получения гидрофобного формованного бионанокompозита использовали волокна хлопка и касторовое масло, молекулы которого были имплантированы на поверхность молекул целлюлозы по средствам концевых изоцианатов.

В ходе нашей работы было проведено взаимодействие древесины осины с лимонной кислотой в неполярных растворителях при продолжительности 3 часа с температурой 50-60 °С. Полученные продукты, отмытые от непрореагировавшей кислоты, анализировали на содержание связанной лимонной кислоты (таблица).

Степень замещения в полученном продукте

Среда реакции	Температура синтеза, °С	
	50°	60°
ЧХУ	0,48	0,52
толуол	0,56	0,84

Полученные данные показывают, что реакция лучше протекает в толуоле, в этом случае получены практически однозамещенные сложные эфиры целлюлозы.

Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии (рисунок 1,2) показало образование сложноэфирных связей, при этом в продукте взаимодействия наблюдается увеличение полосы поглощения в области 1740 см<sup>-1</sup>, характерной для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

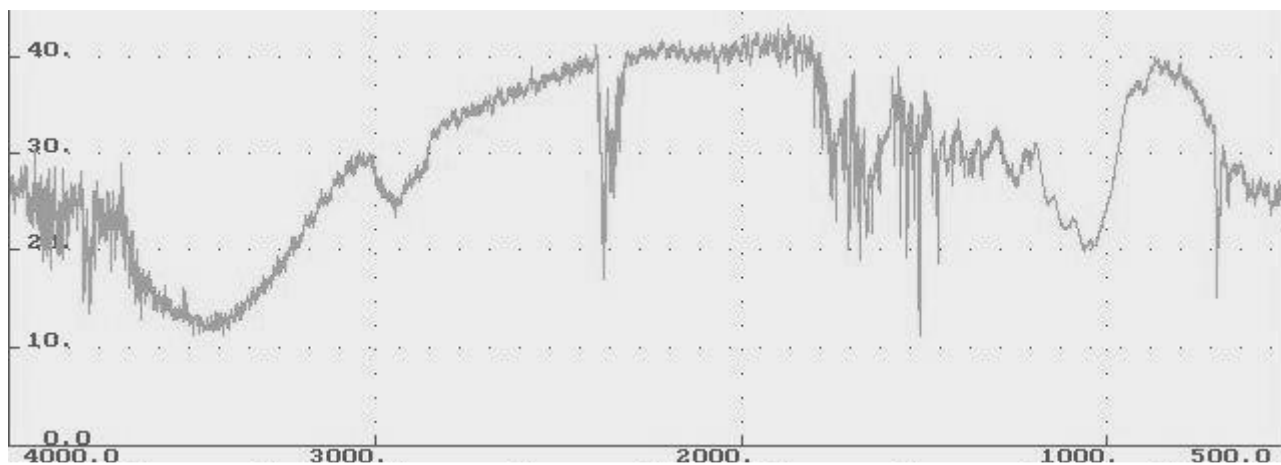


Рис. 1. ИК-спектр продукта, полученного в среде ЧХУ

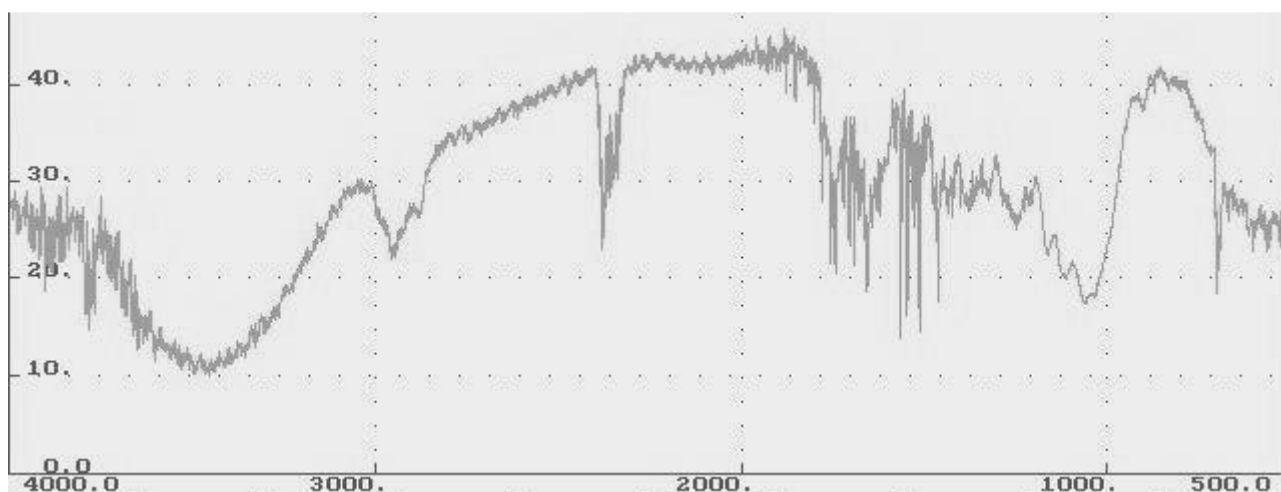


Рис. 2. ИК-спектр продукта, полученного в среде толуола

### Список литературы

1. Протопопов А.В. Сложные эфиры целлюлозы с ароматическими оксикислотами из плодовой оболочки овса / А.В. Протопопов, А.В. Ворошилова, М.В. Клевцова, С.А. Бобровская // Ползуновский вестник. – Барнаул: Изд-во Алт ГТУ, 2016. – № 2. – С. 171-176.

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ В НЕПОЛЯРНЫХ СРЕДАХ С АДИПИНОВОЙ КИСЛОТОЙ

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

*Аннотация.* В ходе работы была изучена возможность взаимодействия древесины с адипиновой кислотой в среде неполярного растворителя. Также проведен сравнительный синтез древесины с адипиновой кислотой в твердой

*фазе при 160 °С. С применением метода ИК-спектроскопии показано образование сложноэфирной связи в продуктах модификации древесины.*

Целлюлоза представляет собой самый богатый возобновляемый полимерный ресурс, доступный сегодня во всем мире. Целлюлоза как предшественник химической модификации использовалась еще до того, как ее полимерная природа была признана и хорошо изучена. Вехами на этом пути были открытие нитрата целлюлозы, приготовление реактива Швейцера, т.е. раствора гидроксида купраммония, представляющего первый растворитель целлюлозы, и синтез растворимого ацетата целлюлозы Шютценбергером в 1865 году. Происхождение химии целлюлозы как области исследования полимеров можно проследить до фундаментальных экспериментов Х. Штаудингера в 1920-1930-х годах по ацелированию и деацелированию целлюлозы; Эти эксперименты привели к появлению концепции реакций, аналогичных полимеру. Что касается источника целлюлозы, растение / дерево является основным источником, а хлопок – лучшим источником высокочистой целлюлозы.

Другие продукты из целлюлозы, такие как метил-, этил- или гидроксиалкиловые эфиры или ацетат целлюлозы, и, кроме того, продукты с комбинациями различных функциональных групп, например, Этилгидроксиэтилцеллюлоза, гидроксипропилметилцеллюлоза, ацетопропионаты целлюлозы и ацетобутираты целлюлозы по-прежнему важны, спустя много десятилетий после их открытия. Также давно известны ионные производные целлюлозы.

В ходе проведенной работы, нами было исследовано взаимодействие древесины осины с адипиновой кислотой в среде толуола. Реакцию проводили в течении 3 часов при температуре 60 °С. Также был проведен синтез в твердой фазе при температуре 160°.

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. Исследование полученных продуктов методом ИК-спектроскопии (рис. 1) показало образование сложноэфирных связей, при этом в продукте взаимодействия наблюдается уменьшение полосы поглощения в области 3600 см<sup>-1</sup> в результате уменьшения количества свободных гидроксильных групп и увеличение полосы поглощения в области 1740 см<sup>-1</sup>, характерной для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

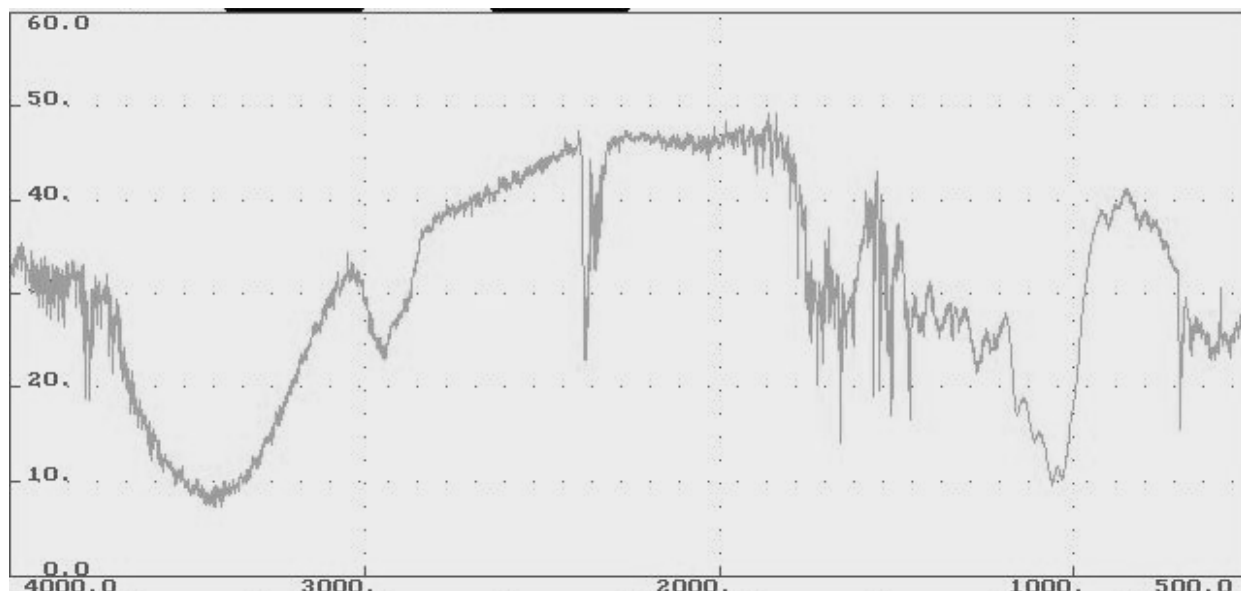


Рис. 1. ИК-спектр продуктов взаимодействия древесины при 60 °С

Для продукта взаимодействия в твердой фазе при 160 °С интенсивность полосы поглощения в области  $1740\text{ см}^{-1}$  меньше чем в предыдущем случае, что может говорить о незначительной степени превращения продуктов.

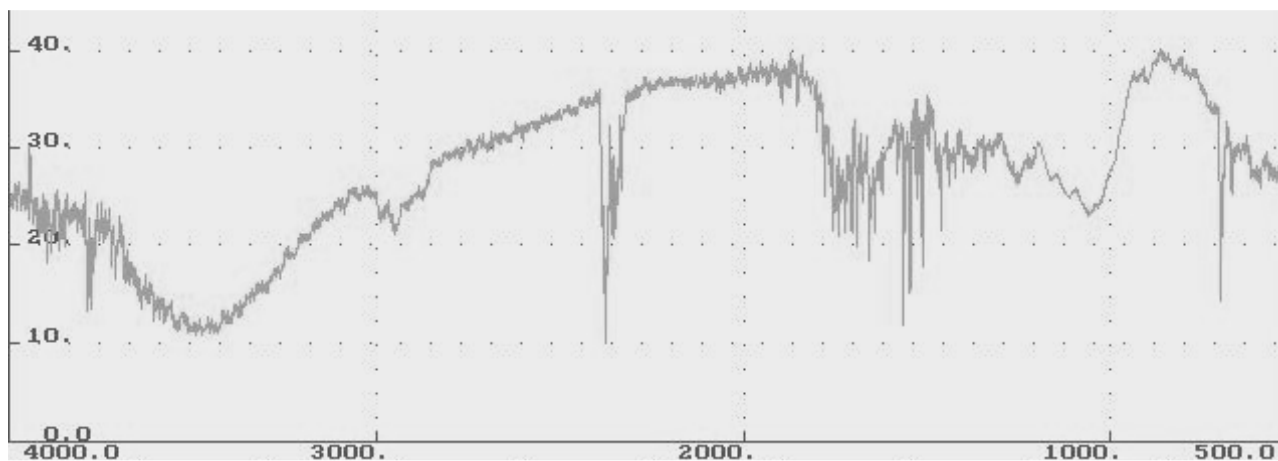


Рис. 2. ИК-спектр продуктов взаимодействия древесины при 160 °С

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

### Список литературы

1. *Solvent-free fatty acylation of cellulose and lignocellulosic wastes. Part 2: reactions with fatty acids* / ICVaca-Garcia, M.EBorredon // *Bioresource Technology*, Volume 70, Issue 2, November 1999, Pages 135-142.

# ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС РАЗДЕЛЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ГИДРОЦИКЛОНЕ

В.А. Савчук, С.И. Валеев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* Проведено исследование эффективной вязкости в цилиндрическом гидроциклоне для разделения эмульсий с малым содержанием легких примесей. Установлено, что эффективная вязкость в цилиндрическом гидроциклоне возрастает с увеличением разгрузочного соотношения.

В настоящий момент особую актуальность приобретает внедрение высокоэффективных центробежных сепараторов для разделения жидких неоднородных систем применительно к процессам очистки сточных вод промышленных предприятий. Для проведения этих процессов используются разнообразные типы оборудования, отличающиеся не только по принципу действия, но и конструктивно.

Одним из перспективных аппаратов для разделения жидких неоднородных систем являются гидроциклоны [1,2,6,8,11].

Гидроциклоны по сравнению с аппаратами, выполняющими аналогичные операции, отличаются невысокой стоимостью, высокой производительностью, простотой конструкции, надежностью и долговечностью [1,3,9,10,12].

Гидроциклоны работают в развитом турбулентном режиме, характеризующемся интенсивными турбулентными пульсациями. При описании гидродинамики гидроциклонов исходят из системы уравнений Навье-Стокса дополненной уравнением неразрывности. Математическая модель процесса разделения в гидроциклоне может быть приближена к реальным условиям введением в уравнения Навье-Стокса эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}} = \nu + \nu_{\text{T}}$  [4,7,10].

Расчет эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  проводился для цилиндрического гидроциклона имеющего основные геометрические размеры:  $D = 50$  мм,  $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}} = \frac{3}{11} = 0.27$ , через верхний слив отводилось 5.03 % от общего расхода.

Соотношение  $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}}$  выбиралось исходя из требований к конструкции гидроциклона предназначенного для разделения эмульсий с самым содержанием легких примесей (около 1 %), к которым относятся нефтесодержащие сточные воды промышленных предприятий.

Расчет основной составляющей эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  – коэффициента турбулентной вязкости  $\nu_{\text{T}}$  проводился по известному уравнению с использованием ранее полученных данных [4,5,7,10].



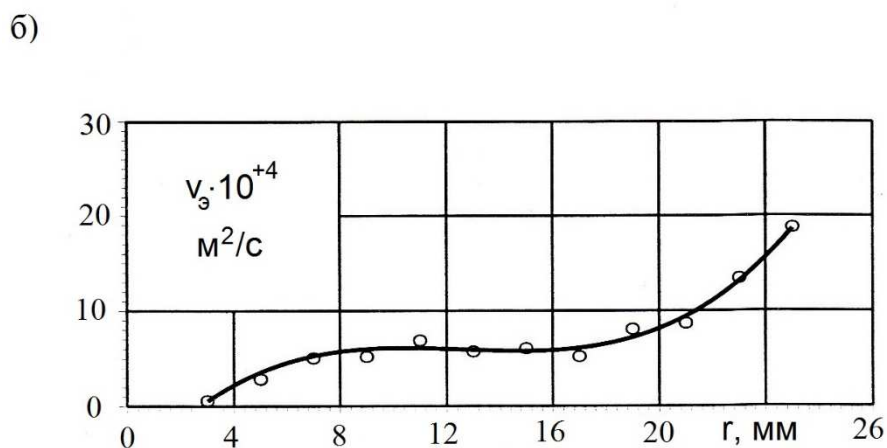
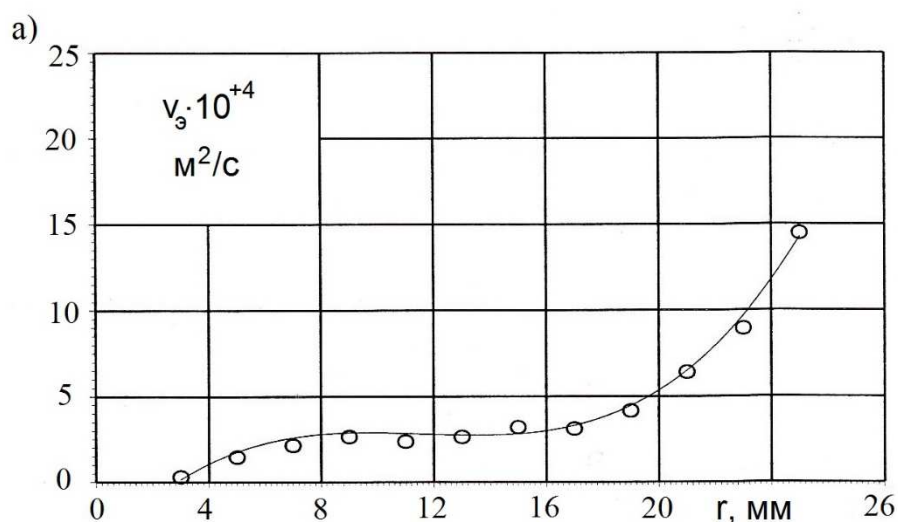


Рис. 1. Распределение эффективной вязкости в цилиндрическом гидроциклоне

Полученные профили эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  по радиусу и высоте в цилиндрическом гидроциклоне показаны на рис. 1а. На графике показаны только осредненные значения полученных величин. Из анализа полученных результатов по распределению эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  (рис. 1) можно выделить три зоны изменения  $\nu_{\text{э}}$  по радиусу гидроциклона: приосевую, центральную и пристенную. В центральной зоне значения  $\nu_{\text{э}}$  практически остаются постоянными. В пристенной зоне величина  $\nu_{\text{э}}$  резко возрастает достигая максимального значения около стенки аппарата. Возрастание численных значений  $\nu_{\text{э}}$  непосредственно в приосевой зоне по радиусу от центра к периферии обусловлено влиянием воздушного столба [5,12].

На рис. 1 б представлены графики эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  в цилиндрическом гидроциклоне  $D=50$  мм,  $\frac{d_{\text{в.сл.}}}{d_{\text{н.сл.}}} = \frac{5}{11} = 0.45$ , через верхний слив отводилось 10.4 % от общего расхода.

Полученные результаты показали, что в объеме данного цилиндрического гидроциклона, так же как и описанного выше ( $\frac{d_{в.сл.}}{d_{н.сл.}} = \frac{3}{11} = 0.27$ ) имеется три явно выраженные зоны изменения эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  по радиусу гидроциклона. В центральной зоне значения  $\nu_{\text{э}}$ , как и в предыдущем гидроциклоне практически постоянны, но значительно выше, что связано с увеличением расхода через верхний сливной патрубок.

В пристенной зоне происходит возрастание  $\nu_{\text{э}}$ , в этой зоне мы имеем распределение эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  во вращающемся нисходящем потоке, в котором в основном происходит разделение фаз. Третья характерная зона находится во внутреннем восходящем потоке.

Из полученных результатов видно, что в объеме цилиндрического гидроциклона происходит стабилизация эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$  в некоторый постоянный профиль по высоте аппарата. Разгрузочное отношение  $\frac{d_{в.сл.}}{d_{н.сл.}}$  при прочих постоянных геометрических размерах оказывает сильное влияние на величину эффективной вязкости  $\nu_{\text{э}}$ . Как видно с увеличением разгрузочного соотношения эффективная вязкость  $\nu_{\text{э}}$  возрастает в гидроциклоне, что отрицательно сказывается на процессе разделения эмульсий.

### Список литературы

1. Баранов Д.А. Принципы расчета и конструирования гидроциклонов для разделения эмульсий: автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М., 1996. – 34 с.

2. Валеев С.И. Очистка сточных вод в гидроциклонах / С.И. Валеев, В.А. Булкин // Сборник научных статей по итогам четвертой международной научной конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство» (ПАО «Газпром трансгаз Казань» 31 мая 2019г.) ч.1. – Казань, 2019. – С.164-167.

3. Валеев С.И. Применение гидроциклонов для очистки сточных вод / С.И. Валеев, Р.Р. Насибуллин // Современные проблемы экологии: доклады XXI международной научно-практической конференции. – Тула: Инновационные технологии, 2018. – С. 17-22.

4. Валеев С.И. Компьютерная программа для моделирования гидродинамических показателей в гидроциклонах / С.И. Валеев, Р.Р. Насибуллин, В.А. Булкин // Сборник научных статей по итогам работы пятого международного круглого стола «Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук» (ООО «Газпром трансгаз Казань» 29 сентября 2018г.). – Казань, 2018. – С.24-27.

5. Валеев С.И. Экспериментальное определение гидродинамики цилиндрического гидроциклона для разделения эмульсий / С.И. Валеев, Д.Ю. Верин, В.А. Булкин // В сборнике: Будущее науки-2014 Сборник научных

статей 2-й Международной молодежной научной конференции, в 3-х томах. – Курск, 2014. – Т.1. – С. 52-56.

6. Валеев С.И. Выбор метода измерения для исследования полей скоростей и давлений гидроциклона / С.И. Валеев, Д.Ю. Верин, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т.16. – № 15. – С. 292-293.

7. Верин Д.Ю. Гидродинамика цилиндрического гидроциклона для разделения эмульсий с учетом эффективной вязкости / Д.Ю. Верин, С.И. Валеев, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15. – № 15. – С.117-118.

8. Лесин А.В. Перспективы развития разделения суспензий и эмульсий в гидроциклонах / А.В. Лесин, С.И. Валеев, В.А. Булкин // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т.18. – № 10. – С. 55-57.

9. Мустафаев А.М. Гидроциклоны в нефтедобывающей промышленности / А.М. Мустафаев, Б.М. Гутман. – М.: Недра, 1981. – 260 с.

10. Терновский И.Г. Гидроциклонирование / И.Г. Терновский, А.М. Кутенов. – М.: Наука, 1994. – 350 с.

11. Хамизуллин Ф.Ф. Применение гидроциклонов в химической и нефтехимической промышленности / Ф.Ф. Хамизуллин, С.И. Валеев // В сб. Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология. Пятая Всероссийская студенческая научно-техническая конференция. – Казань: КНИТУ, 2018. – С. 212-215.

12. Valeev S.I., Research of equipment for cleaning oil-containing waste-water / Journal of physics: Conference Series, 1399(2019)044021.

## ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПАРКОВЫХ ЗОН КАЛИНИНГРАДА

М.В. Куркина<sup>1</sup>, Л.В. Малыгина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,

<sup>2</sup> Калининградский государственный технический университет,  
г. Калининград

**Аннотация.** В статье представлены данные об экологическом состоянии парков города Калининграда. Парки различаются по видовому разнообразию растений, типу почв, значению рН, влажности почвы, соотношению различных групп микроорганизмов – бактерий, микромицетов и актиномицетов.

В настоящее время в связи с ростом урбанизации особую значимость приобретают вопросы изучения и рационального использования естественного природного потенциала. В городских условиях важную роль в повышении устойчивости экосистем и комфортности проживания людей играют зеленые насаждения. Однако ввиду существенного антропогенного воздействия, зеленые насаждения в городе не в полной мере выполняют функции по оздоровлению окружающей природной среды [1]. Для предотвращения деградации зеленых насаждений урбанизированных территорий несомненный теоретический и

практический интерес представляет изучение состояния городских насаждений на основе анализа результатов экологических, геоботанических и микробиологических исследований.

Целью данной работы явилось изучение урбанизированных экосистем города Калининграда – административного центра самого западного региона Российской Федерации.

Объектом исследования служили городские парки: парк им. Макса Ашманна, парк Центральный и парк Южный.

Парк им. Макса Ашманна – один из парков Кёнигсберга сохранившихся до наших дней. Он расположен между улицами Демьяна Бедного и Горького. Площадь современного парка составляет 68 га. На территории парка имеется несколько искусственных озёр, из которых самое большое – озеро Лесное. Долгие годы парк находился в полузаброшенном состоянии. Из-за отсутствия ухода нарушилось функционирование сложной дренажной системы, что привело к подтоплению парка и гибели многих деревьев. Использование парка как место «дикого» отдыха вызвало его дальнейшее захламление. В настоящее время парк им. Макса Ашманна включен в перечень объектов культурного наследия муниципального значения. С 2015 года ведутся работы по его реконструкции.

Парк Центральный площадью примерно 47 га является одним из популярных мест отдыха горожан, расположен между проспектом Мира и улицами Пушкина, Дмитрия Донского и Сержанта Колоскова.

Парк Южный – один из самых больших парков Калининграда, находится недалеко от Южного вокзала на левом берегу реки Преголи. Парк был заложен в 1927 г. на месте бывших оборонительных валов Кенигсберга. На территории 60 га были высажены декоративные деревья, проложены прогулочные тропинки, построены детские игровые площадки, стадион.

В каждом парке были заложены ключевые участки и изучены их геоботанические, экологические и почвенно-микробиологические характеристики [2]. Геоботанические описания проводили по общепринятым методикам [3]. Содержание тяжелых металлов в почве определяли рентгенофлуоресцентным методом на аппарате Спектроскан Макс G. Отбор проб почвы для микробиологического анализа проводили по принципу «конверта» с глубины 10 см [4]. Количество почвенных микроорганизмов выявляли методом глубинного посева на селективные питательные среды: аммонифицирующие микроорганизмы выделяли на мясо-пептонном агаре (МПА), спорообразующие бактерии на среде МПА с сусло-агаром (МПА+СА), микроскопические грибы – на среде Чапека, актиномицеты на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Количество микроорганизмов рассчитывали в колониеобразующих единицах на грамм сухой почвы (КОЕ/г). Полученные результаты обработаны статистически и представлены в виде средних арифметических значений с указанием среднеквадратических отклонений. Исследования были начаты в 2008 году и продолжаются по настоящее время.

В таблице 1 представлена характеристика почв и фитоценозов ключевых участков, заложенных в парковых зонах Калининграда. Проведенные исследования показали, что почвы парков Центрального и Южного

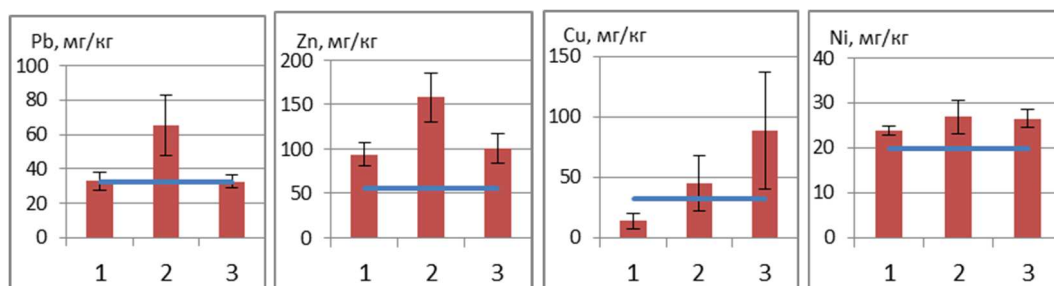
представлены техноземами на супесчаной и легкосуглинистой почвах соответственно, почва парка имени Макса Ашманна дерново-глеевая легкосуглинистая. Реакция почвенной среды парковых зон нейтральная и варьирует в пределах от 6,48 в парке Центральном до 6,69 в парке Южном. Среднегодовая влажность почвы колеблется от 11,5 % в парке Южном на техноземе до 12,8 % в дерново-глеевой среднесуглинистой почве парка им. Макса-Ашманна (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика ключевых участков парковых зон Калининграда

Объект исследования	Характеристика фитоценоза	Тип почвы	Влажность почвы, % от веса сухой почвы	pH почвенной среды
Парк им. Макса Ашманна	Ключевой участок с единичными посадками клена, тополя и ольхи. В травянистом покрове преобладают луговик, пырей, крапива и лапчатка.	дерново-глеевая среднесуглинистая	12,8±0,7	6,67
Парк Центральный	Ключевой участок характеризуется посадками граба, липы и клена. В травянистом покрове преобладают сныть, гравилат и бор.	урбиквазизем (технозем) супесчаный	11,7±1,6	6,48
Парк Южный	Ключевой участок парка представлен посадками дуба, клена и ясеня.	технозем легкосуглинистый	11,5±1,4	6,69

Исследование городских экосистем на загрязнение тяжелыми металлами показало, что почвы городских парков характеризуются их повышенным содержанием (рис.). Наиболее высокие количества обнаружены в почве парка Центрального, где содержание свинца, цинка и никеля превышает их предельно допустимые концентрации в 2, 3 и 1,35 раз соответственно. Парк им. Макса Ашманна характеризуется повышенным содержанием в почве цинка (увеличение в 1,7 раз по сравнению с ПДК) и никеля (в 1,2 раза). В почве парка Южного содержание цинка в 1,8 раз выше ПДК, меди – в 2,7 раза и никеля в 1,3 раза. Следовательно, почвы парков Калининграда загрязнены такими супертоксикантами, как тяжелые металлы, которые могут оказывать токсическое действие на живые организмы.



Содержание тяжелых металлов в почвах парковых зон Калининграда:  
1 – парк им. Макса Ашманна; 2 – парк Центральный; 3 – парк Южный

Одним из показателей качества урбанизированных экосистем является состояние почвенной микрофлоры [5]. Выполняя функцию деструкторов и замыкая биологический круговорот, микроорганизмы достаточно четко отражают работу системы почва – растение. Важным показателем в этом смысле является не только микробиологическая активность почвы, которую определяют, как суммарное содержание разных групп микроорганизмов, но и качественный состав микрофлоры (табл.2). Проведенные исследования показали, что почва парка имени Макса Ашманна по сравнению с Центральным и Южным парками характеризуется более высоким содержанием аммонифицирующих микроорганизмов (в 2 и 3 раза соответственно), микромицетов (в 3,9 и 1,3 раза) и актиномицетов (в 1,2 и 2,2 раза). Аммонифицирующие микроорганизмы принимают активное участие в процессах разложения органического вещества, микромицеты и актиномицеты помимо органических веществ разлагают и более сложные, не доступные для бактерий вещества. Высокое содержание данных групп микроорганизмов указывает на интенсивность физиолого-биохимических процессов в травянистом покрове под насаждениями клена, тополя и ольхи в парке им. Макса Ашманна. В парке Центральном под насаждениями граба, липы и клена было выявлено относительно низкое по сравнению с другими парками содержание микроскопических грибов, а в парке Южном – низкое содержание актиномицетов и аммонификаторов при более высоком содержании спорообразующих бактерий рода *Bacillus*, выделенных на среде МПА+СА. Увеличение доли бациллярного населения – более толерантного к различным неблагоприятным факторам в структуре почвенной микрофлоры парка Южного свидетельствует о более высокой антропогенной нагрузке.

Таблица 2

Микробиологическая активность почв парковых зон летом 2016 года

Ключевые участки	Количество микроорганизмов, КОЕ/г				
	МПА	МПА+СА	сп. Чапека	КАА	сумма
Парк им. М. Ашманна	671143±61606	1601±118	17375±1022	16693387±1561199	17383506
Парк Центральный	312800±31162	2129±59	4463±595	14076667±1573351	14396059
Парк Южный	210421±21042	6119±61	13087±1621	7310376±1949184	7540003

Таким образом, исследование состояния урбанизированных экосистем в городе Калининграде показало, что городские парки представлены различными насаждениями на антропогенно трансформированной почве с невысокой влажностью, значениями рН, сдвинутой в сторону щелочной реакции, повышенным содержанием тяжелых металлов и различным соотношением разных групп микроорганизмов – аммонификаторов, спорообразующих бактерий, микромицетов и актиномицетов в структуре микробного ценоза. Полученные данные позволяют оценить состояние парковых насаждений, выполняющих важные санитарно-гигиенические функции в городе по оздоровлению окружающей природной среды в условиях антропогенного воздействия.

### Список литературы

1. Мосина Л.В. Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москва: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2003. – 34 с.
2. Куркина М.В. Экологическая характеристика тестовых участков для микробиологического мониторинга почвогрунтов Калининграда / М.В. Куркина, В.П. Дедков, А.С. Уманский, А.С. Титович, С.М. Никитина // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012. – Вып.7: Естественные науки. – С.8-16.
3. Лемеза Н.А. Геоботаника: учебная практика / Н.А. Лемеза, М.А. Джус. – Минск: Высш. шк., 2008. – 225 с.
4. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева; Под ред. В.К. Шильниковой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
5. Hui-Juan Xu, Shun Li1, Jian-Qiang Su, San'an Nie, Valerie Gibson, Hu Li & Yong-Guan Zhu Does urbanization shape bacterial community composition in urban park soils? A case study in 16 representative Chinese cities based on the pyrosequencing method / FEMS Microbiol Ecol 87 (2014) 182-192.

## БИОРЕМЕДИАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КОФЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КОЛУМБИЯ)

Аревало Бельо Луис А., Г.Г. Ягафарова  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

**Аннотация.** Данная статья посвящена актуальной проблеме совершенствования методов очистки нефтезагрязненных грунтов. В частности, в статье приведены данные по исследованию эффективности применения биостимулятора на основе отходов производства кофе. В ходе проведенного эксперимента установлено, что отход производства кофе

*является эффективным биостимулятором для биоремедиации нефтезагрязненных грунтов.*

В настоящее время в Колумбии добывается около 10 % всей мировой нефти.

На территории страны активно ведутся поисково-разведочные работы месторождений углеводородов нефти, и успешно открываются новые месторождения. На сегодняшний день в стране известно 37 нефтегазоносных бассейнов, наиболее перспективными из которых являются Meta, Cazanare, Antioquia [1].

На этих месторождениях добывается высококачественная легкая нефть с плотностью в среднем  $793 \text{ кг/м}^3$ .

Регионы с нефтедобывающей промышленностью подвергаются большой экологической нагрузке, в частности оказывается негативное воздействие на состояние почвенного покрова, качество воды поверхностных и подземных источников, снижаются биоразнообразие флоры и фауны. Наибольшую опасность для природных объектов представляют аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, приводящих к нарушению хозяйственной, в том числе сельскохозяйственной деятельности. Как показывает мировой опыт, наиболее перспективным направлением рекультивации нефтезагрязненных почв являются биологические методы [3].

Целью данной работы является биоремедиация нефтезагрязненных грунтов.

С этой целью был осуществлен поиск биостимуляторов для восстановления нарушенных земель. В качестве биостимулятора был исследован отход производства кофе.

В настоящее время в Колумбии объемы производства кофе достигают 9 тысяч тонн в год. В процессе производства образуются отходы, составляющие до 30 % от общего объема кофе [1]. В тоже время известно, что отходы производства кофе содержат значительное количество биологически активных веществ [4].

Для исследования отходов производства кофе в качестве биостимулятора для восстановления нарушенных земель были поставлены модельные опыты.

В эксперименте были использованы отходы с размером частиц 0,1-0,5 мм.

В опытные образцы грунта добавляли нефть месторождения Meta, из расчета 3 % масс. В качестве биодеструктора использовали нефтеокисляющие микроорганизмы *Rhodococcus erithropolis* ВКМ 1339Д. Инокулят вносили также из расчета 3 % об. Количество добавляемого биостимулятора зависело от содержания нефти и составляло от 1 до 3 г на 100 г почвы. Культивирование проводили при комнатной температуре. О степени очистки нефтезагрязненных грунтов с использованием биостимулятора судили после 40 и 120 суток культивирования. Содержание нефти в почве определяли по известной методике методом ИК-спектрометрии на приборе ИКН-025 [5]. Косвенно об убыли нефтепродуктов судили по приросту нефтеокисляющих микроорганизмов. Численность микроорганизмов определяли чашечным методом Коха на среде Раймонда [6].



В результате исследований установлено, что убыль нефти составила 35 % и 85 %, после 40 и 120 суток соответственно. Прирост численности нефтеокисляющих микроорганизмов составил 2-4 порядка (с  $10^3$  до  $10^5$  после 40 суток, после 120 суток – с  $10^3$  до  $10^7$  в 1 г. абсолютно сухой почвы).

Таким образом, отход производства кофе является эффективным биостимулятором для биоремедиации нефтезагрязненных грунтов. И рекомендуется для промышленного внедрения на месторождениях Республики Колумбия.

### Список литературы

1. <https://www.las2orillas.co/donde-esta-el-petroleo-en-colombia/>
2. <https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cerro-el-2019-en-148-millones-de-sacos/>
3. Сафаров А.Х. Повышение эффективности рекультивации нефтезагрязненных грунтов / Г.Г. Ягафарова, Л.Р. Акчурина, Ю.А. Федорова, И.Р. Ягафаров, А.Х. Сафаров // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18, № 2. – С. 72-74.
4. Косенко И.С. Возможность использования отходов производства кофе и чая в комбикормах / И.С. Косенко, Е.С. Шумелев, Е.В. Соловьева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. – No2 – С. 101-102.
5. ПНДФ 16.1:2.2.22-98 «Методика измерения массовой доли нефтепродуктов в почве и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. Количественный химический анализ почв».
6. Герхардт Ф. Методы общей бактериологии. В 3-х томах. – М.: Мир, 1983.

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ АЛКИЛИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНЫХ АМИДОВ КАРБОНИЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ БЕЗ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА ВОДОРОДА

А.А. Цыганков, О.И. Афанасьев, Д.А. Чусов

Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,  
г. Москва

**Аннотация.** В данной работе был разработан метод восстановительного алкилирования амидов с использованием родия на углеродной матрице в качестве катализатора и монооксида углерода в качестве восстановителя. В реакцию вступает широкий круг амидов и альдегидов. Было изучено влияние структуры катализатора на его активность.

Амиды широко используются в фармацевтической и агрохимической промышленности. Классические методы синтеза основаны на использовании стехиометрических добавок, что приводит к образованию стехиометрического количества отходов. Поэтому стоит важная задача по разработке новых методов синтеза амидов, которые бы отвечали современным экологическим принципам.<sup>1</sup>

В нашей группе ранее был разработан метод восстановительного алкилирования амидов карбонильными соединениями с использованием монооксида углерода в качестве восстановителя и гомогенных катализаторов на основе родия и рутения.<sup>2,3</sup> Монооксид углерода является отходом в производстве стали, поэтому его утилизация имеет важное значение. Также использование монооксида углерода в качестве восстановителя привлекательно ещё тем, что при его использовании отсутствует внешний источник водорода, что обеспечивает уникальную селективность для восстановительных процессов с использованием монооксида углерода.

В промышленности гетерогенные катализаторы более предпочтительны по сравнению с гомогенными, ввиду сравнительной легкости отделения этих катализаторов от реакционной массы и повторного их использования. Поэтому целью данной работы стала разработка метода восстановительного алкилирования амидов с использованием гетерогенных катализаторов (Рис. 1).<sup>4</sup>

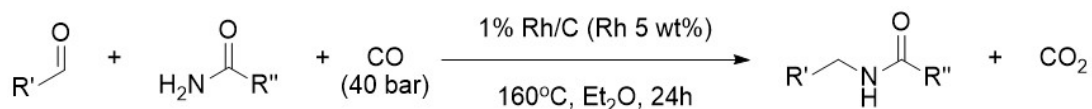


Рис. 1. Реакция восстановительного амидирования

Были протестированы различные гетерогенные катализаторы. Наиболее активными оказались родиевые катализаторы на различных углеродных подложках. Из протестированных катализаторов наибольшую активность проявил родий на углеродной матрице. В реакцию могут вступать различные алифатические и ароматические амиды с различными ароматическими альдегидами давая целевые вторичные амиды с высокими выходами.

Также было изучено влияние свойств катализаторов на их активность. Так с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии было показано, что в родии на углеродной матрице родий находится в форме оксида родия (III), в то время как в других менее активных родиевых катализаторах родий находится как в форме оксида родия (III), так и в форме элементарного родия (Рис. 2).

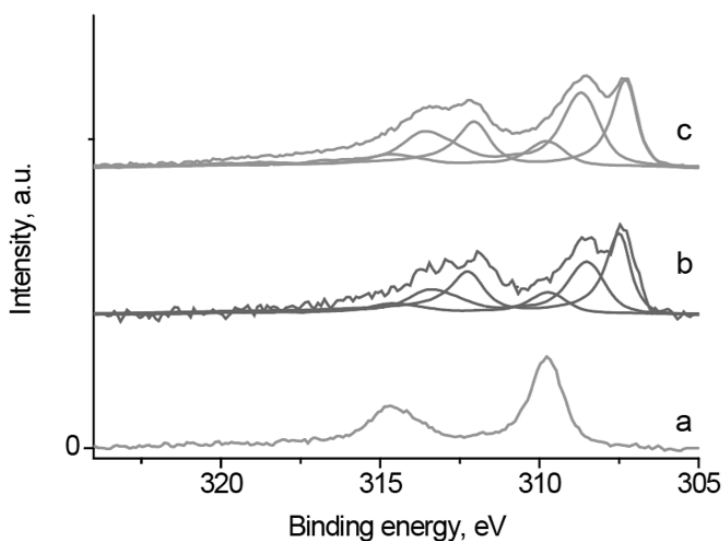


Рис. 2. РФЭ спектры родия на углеродной матрице (а), родия на углероде (b) и родия на активированном угле (с)

Таким образом был сделан вывод о том, что родиевые частицы в степени окисления +3 наиболее активны в данном процессе.

*Исследование выполнено в рамках работ по гранту Президента РФ для молодых ученых МК-1736.2019.3.*

### Список литературы

1. Sabatini M.T., Boulton L.T., Sneddon H.F., Sheppard, T.D. *A green chemistry perspective on catalytic amide bond formation / Nature Catalysis, 2019. – Vol. 2. – 10 p.*
2. Kolesnikov P.N., Usanov D.L., Muratov K.M., Chusov, D. *Dichotomy of Atom-Economical Hydrogen-Free Reductive Amidation vs Exhaustive Reductive Amination / Organic Letters, 2017. – Vol. 19. – 5657 p.*
3. Yagafarov N.Z., Muratov K.M., Biriukov K., Usanov D.L., Chusova O., Perekalin, D.S., Chusov, D. *Ruthenium-Catalyzed Reductive Amidation without an External Hydrogen Source / Eur. J. Org. Chem., 2018. – 557 p.*
4. Tsygankov A.A., Makarova M., Afanasyev O.I., Kashin A., Naumkin A.V., Loginov D.A., Chusov D. *Reductive Amidation without an External Hydrogen Source Using Rhodium on Carbon Matrix as a Catalyst / ChemCatChem, 2020. – 112 p.*

## МЕТОДЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.А. Кудашева

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

**Аннотация.** Вода – важный природный ресурс, она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. В данной обзорной статье затрагивается такая важнейшая проблема, как очистка сточных вод от нефти и нефтепродуктов на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях. Наиболее экономичными и эффективными способами очистки сточных вод являются физико-химические методы, особенно сорбционная очистка. В настоящее время известен целый ряд сорбентов – поглотителей растворенных нефтепродуктов, которые способны обеспечить очистку сточных вод до любого требуемого уровня. Одним из новейших сорбентов, применяемых на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях является Версойл.

На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к

минимуму потребление свежей воды. Поэтому эффективная очистка промышленных и городских сточных вод для сохранения чистоты источников водоснабжения является одной из первоочередных водохозяйственных проблем [1].

В настоящее время для очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов применяются различные методы такие как: механические (выделение из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей), химические (добавление к сточным водам различных химических реагентов, которые вступая в реакцию с загрязнителями осаждают их в виде нерастворенных осадков), физико-химические (очищение сточных вод от мелкодисперсных веществ) и биохимические (биологическая окисление органических веществ, в результате жизнедеятельности различных микроорганизмов). Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей [2].

Из физико-химических методов большой интерес представляет адсорбция. В качестве сорбентов используют материалы различного состава: природные (хлопок, опилки, торф, цеолиты и др.), искусственные на основе различных синтетических волокон. Широко распространены искусственные сорбенты на основе природных перлитов, вермикулита, цеолитов, алеврита, кремнезема, силикатов, вулканических шлаков и т.д.

Для очистки сточных вод нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий, в большинстве случаев, применяют многословные комбинированные «фильтры», которые представляют собой различные сочетания сорбирующих материалов как по происхождению, так и по агрегатному состоянию (порошкообразные, гранулированные, измельченные и т.д.). Кроме того, сорбенты могут быть добавочно подвергнуты разнообразным трансформациям, которые усиливают или придают новые свойства [2].

Одним из актуальных сорбентов на данный момент – является Версойл. Данный материал представляет собой модифицированный вермикулитовый сорбент, получаемый гидрофобизацией вермикулита при его термообработке. В очистных сооружениях Версойл является высокоэффективным сорбентом для очистки технологических и сточных вод от многокомпонентных загрязнений [3].

Рассмотрев и проанализировав различные методы очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов, можно сделать вывод о том, что каждый способ имеет свои достоинства и недостатки. В настоящее время очистка нефтесодержащих сточных вод наиболее эффективна при использовании многослойных комбинированных фильтров. Благодаря различным вариациям сорбентов и модификации их свойств имеется возможность разрабатывать новые технологии очистки сточных вод, которые будут более гибкими и эффективными по сравнению с другими методами очистки. Примером таких сорбентов является «Версойл», который отвечает экологическим требованиям, химически инертен, обладает хорошими технико-эксплуатационными характеристиками, а также соответствует международным стандартам, предъявляемым к природным сорбентам.

## Список литературы

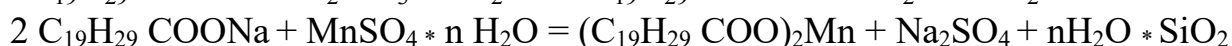
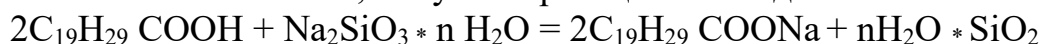
1. Губонина З.И. *Промышленная экология. Проблемы питьевой воды [Текст]: учебное пособие / З.И. Губонина, С.Н. Владимиров.* – М.: Изд-во МГОУ, 2010. – 109-115с.
2. Сироткина Е.Е. *Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов / Е.Е. Сироткина, Л.Ю. Новоселова // Химия в интересах устойчивого развития.* 2005. – 359-377 с.
3. Месяц С.П. *Версойл – природный сорбент для снижения нефтяных загрязнений / С.П. Месяц // Наука Москвы и регионов.* – 2004. – No 2. – С. 64-69.

## МАРГАНЕЦ

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

*Аннотация.* В данной статье рассматривается влияние макро- и микроколичества марганца на обменные процессы.

Минеральные вещества участвуют во всех физиологических и биохимических процессах. Они обеспечивают нормальное образование живых веществ, клеточным и тканевым белкам свойства протоплазмы; да и вообще живой белок не может существовать без минеральных веществ. Микроколичества марганца необходимы человеку и животным и играют огромную роль в их жизнедеятельности. В то же время большие количества соединения марганца обладают токсичностью. Так 15-20 г  $\text{KMnO}_4$  при приеме через полость могут быть смертельной дозой для человека. В пересчете на металл 10 мг марганца в день является токсичной дозой для кролика. Наиболее ядовитое соединение марганца –  $\text{MnO}_2$  (пирролюзит). Симптомы хронического отравления марганцем: поражение центральной нервной системы, цирроз печени. Предельно допустимое содержание марганца в воздухе производственных помещений 0,0003 мг/л. Отсутствие марганца в пище человека и животных сказывается на их росте и жизненном тонусе. Подопытные мыши, которых кормили молоком, содержащим мало марганца, теряли способность к размножению. Недостаток этого приводит к заболеванию птиц и животных (птичий парозис, хромота поросят). В то же время избыток марганца может явиться причиной «марганцевого» рахита. Марганец является незаменимым для человека и животных микроэлементом, влияет на рост и кроветворение. Марганец входит в состав микроэлементного препарата «Сувар» – кормовая добавка для животных и птиц, содержащая жизненно важные элементы: железо, медь, цинк кобальт, в том числе и марганец на основе абиетиновой кислоты, получают реакцией осаждения:



$(C_{19}H_{29}COO)_2Mn$  – абиетат марганца, т.пл. 203-205 °С, порошок светло-коричневого цвета, не растворим в воде, растворим во многих органических растворителях. Абиетиновая кислота является основным компонентом всех видов канифоли и обладает ростостимулирующим свойством. Марганец является необходимым для растений элементом. В СКБ «Сувар» проведены исследования по использованию абиетата марганца 0,05 % водной суспензии в качестве микроудобрения на луке репчатом. Установлено, что зеленая масса лука с применением «Бальзама ЭКБ» – в сравнении с известным регулятором роста растений, увеличилась на 17,6 %, абиетата марганца – 14,2 %, способствует увеличению содержания витамина С на 4,2%.

### Список литературы

1. Читнаев Е.Л. Неорганические вещества, их биологическая активность / Е.Л. Читнаев, Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Естественные науки: сегодня и завтра: Тезисы докладов юбилейной итоговой научной конференции.* – Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета, 1997. – С. 232-233.
2. 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.
3. Заживихина Е.И. Основные лесохимические продукты, используемые для МЭП / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Наука в XXI веке: Тезисы докладов республиканской научно-практической конференции по химии.* – Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета, 2002. – С. 84-85.
4. Заживихина Е.И. Комплексное применение препарата «Сувар» с витаминами / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *Наука в XXI веке: Тезисы докладов Респ. научно-практич. конф. по химии.* – Чебоксары, 2002. – С.79.
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. Усовершенствованный способ получения микроэлементного препарата «Сувар» на основе терпеноидов для сельскохозяйственных животных и птиц / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова // *НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ 2005: Матеріали Міжнародної науково-прктичної конференції «Наука та інновації – 2005. Том 2. Біологія, хімія та хімічні технології.* – Дніпропетровськ: Наука і освіта. 2005. – С. 65-67.
7. Заживихина Е.И. Роль минеральных веществ и витаминов в питании животных / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *Экологические аспекты регионального инновационного устойчивого развития: Тез. Всер. научно-практ. конф.* – Чебоксары, окт. 2006. – С.183-188.
8. Заживихина Е.И. Биологическая роль некоторых микроэлементов / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Д.А. Заживихин // *Актуальные проблемы*

современного естествознания: *Материалы Всерос. научно-практической конференции / под ред. Л.Н. Воронова, Н.В. Хураськиной, А.А. Шуканова. – Чебоксары: Чувашгоспедуниверситет им. И.Я. Яковлева, 2006. – С. 148-151.*

9. *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.*

10. *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.*

11. *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.*

12. *Заживихина Е.И. Количественное определение меди в органических объектах / Е.И. Заживихина, С.А. Маркова, Е.С. Никифорова // Сб. материалов Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием «Наука и образование: теория и практика». – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. пед. ун-та, 2012. – С.80-81.*

## **РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ИХ МОНИТОРИНГЕ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

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

*Аннотация.* В статье описывается структура интеллектуальной системы мониторинга комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени, которая дает возможность в любых временных рамках проанализировать фактический уровень вредного фактора на рабочем месте, а также комплексно оценивать состояние вредных факторов на рабочих местах.

Интеллектуальная система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий состоит из двух взаимосвязанных блоков. Первый блок представляет собой носимое устройство, оборудованное комплексом датчиков мониторинга параметров производственной (окружающей) среды, в которой находится работник промышленного предприятия. Конструктивное исполнение носимого

устройства выполняется в виде отдельного устройства или встраивается в защитную каску (защитная smart-каска). Вторым блоком является диспетчерский пункт мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени. Диспетчерский пункт мониторинга объединяет данные от всех защитных smart-касок предприятия в единую базу данных [1-2].

Каналом связи между защитными smart-касками работников промышленного предприятия и диспетчерским пунктом мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов выбран канал сотовой связи GSM в реальном времени.

Структура интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий приведена на рисунке 1. (здесь 1 – группа датчиков, отслеживающих уровень воздействия внешних факторов, влияющих на человека; 2 – первичное запоминающее устройство; 3 – устройство передачи данных; 4 – удаленное устройство обработки данных; 5 – быстрый доступ к экстренным службам; 6 – пользовательский интерфейс; 7 – удаленные базы данных; 8 – устройство оповещения; 9 – локальное устройство обработки данных; 10 – группа датчиков, отслеживающих физиологическое состояние организма человека) [2-3].

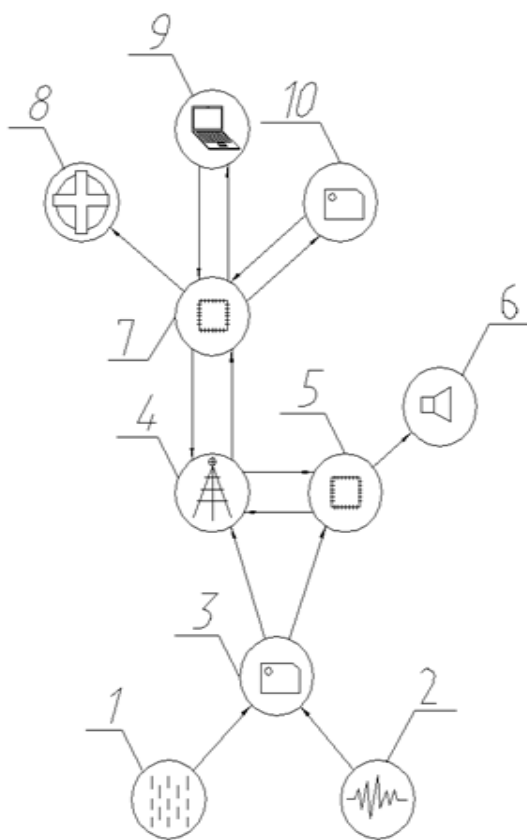


Рис. 1. Структура интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий



Интеллектуальная система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий структурно состоит из защитной каски для сбора данных о состоянии рабочей зоны, наличия вредных и опасных производственных факторов, а также сбора данных о текущем физиологическом состоянии рабочего, канала GSM (сотовой) связи для передачи данных, сервера предприятия для хранения, обработки и передачи данных в службы экстренной помощи и медицинские учреждения.

В службы экстренной помощи информация передается в случае фиксированием защитной каской значительных превышений допустимых значений вредных и опасных производственных факторов, что связано с возникновением аварийных ситуаций на предприятии.

В медицинские учреждения накопленная информация о производственных условиях, в которых находился работник, передается для учета этих неблагоприятных воздействий при прохождении профилактических осмотров и диагностики заболеваний.

Структура информационной системы защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий приведена на рисунке 2 [4].

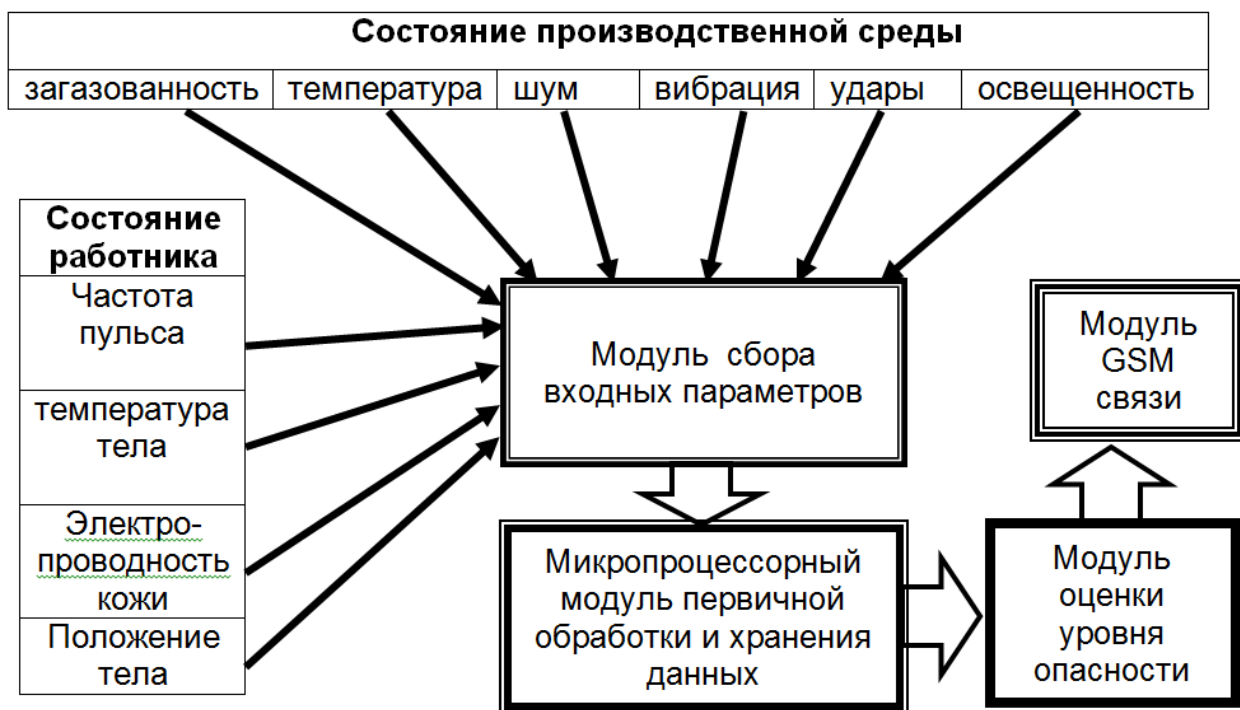


Рис. 2. Структура информационной системы защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

Smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов производит оценку состояния производственной среды по следующим параметрам: загазованность вредными и опасными для человека веществами; температура производственной среды; шум и вибрация, воздействующая на человека; удары и резкие ускорения защитной каски; освещенность производственной среды.

Физиологическое состояние человека, которое контролирует smart-каска, характеризуется следующими параметрами: частота пульса и его изменения; температура тела человека; электропроводность кожи; положение тела человека.

Smart-каска фиксирует параметры состояния производственной среды и человека посредством модуля сбора входных параметров и набора микродатчиков, встроенных непосредственно в защитную каску [5-6].

Микропроцессорный модуль первичной обработки и хранения данных обеспечивает первичное масштабирование и фильтрацию исходных данных, их временное хранение в энергонезависимой памяти.

Модуль оценки уровня опасности производит сравнение входных данных с предельно допустимыми величинами, комплексную оценку потенциальной опасности для работника и вырабатывает сигнал опасности.

Модуль GSM связи обеспечивает передачу сигнала опасности на диспетчерский пункт предприятия и голосовую двухстороннюю связь.

### Список литературы

1. Захарьева С.Н. Оценка профессиональных и производственных факторов риска здоровью работников предприятий машиностроения / С.Н. Захарьева, С.И. Ерениев // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. №8(46). – С. 123-128.

2. Serdyuk N.N. Functional task of assessing the influence of harmful production factors on people / N.N. Serdyuk // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2013. – Vol. 4, № 4(64). – Pp. 22-25.

4. Борисова А.В. Теоретические аспекты выбора технических средств для проведения контроля и мониторинга вредных и опасных производственных факторов / А.В. Борисова, В.А. Финоченко // Вестник РГУПС. 2014. №4(56). – С. 24-30.

4. Панарин В.М. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга / А.А. Маслова, В.М. Панарин, Н.А. Рыбка, К.В. Гришаков, Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России, 2018. – Т. 22, № 11. – С. 14–18. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-11-14-18.

5. Панарин В.М. Дистанционный контроль параметров микроклимата рабочей зоны с коррекцией по температуре // В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Л.В. Кашинцева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.3. – С.61-73.

6. Панарин В.М. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Л.В. Кашинцева, К.В. Гришаков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – Вып.4.

# АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ САДОВО-ОГОРОДНЫХ ТОВАРИЩЕСТВ КУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Н.П. Неведров, Г.И. Смицкая, Е.А. Байдак  
Курский государственный университет,  
г. Курск

***Аннотация.** В работе приводятся данные о трансформации свойств почв садово-огородных участков Курской агломерации, происходящей в ходе различной по интенсивности эксплуатации земель. Отмечено, что антропогенное изменение почв дачных участков идет по четырем основным направлениям, обусловленным характером функционального использования земель. Почвы вблизи жилищно-бытовых и хозяйственных построек в ходе эксплуатации приобретают свойства техногенных поверхностных образований.*

**Введение.** Планировочная структура городских поселений формируется с учетом потребностей населения исходя из двух основных принципов – компактности размещения и взаимосвязи различных функциональных зон [4]. Градостроительное зонирование определяет правовой режим, действующий на определенной территории, в соответствии с которым осуществляется градостроительная деятельность [1, 2, 3, 5].

Территориальное размещение функциональных зон подчиняется определённым закономерностям и нормируется генеральным планом поселения. В рамках территорий современных поселений (городов) чаще всего выделяют девять функциональных зон: селитебная зона, промышленная зона, зона инженерных и транспортных инфраструктур, общественно-деловая зона, зона специального назначения, зона сельскохозяйственного производства, рекреационная зона, санитарно-защитная зона, зона охраны среды). При более детальном разграничении особенностей эксплуатации территорий поселений можно говорить о наличии 15-ти – 16-ти функциональных зон. По данным отечественных исследователей долевое распределение функциональных зон в границах крупнейших городов, следующее: жилые и рекреационные зоны от 25 % (Уфа, Пермь) до 39-56 % (Омск, Смоленск); производственные зоны от 22 % (Уфа) до 15 % (Пермь); общественно-деловые зоны от 16 % (Уфа) до 25 % (Омск, Тюмень) [3, 5].

Известно, что уровень антропогенной нагрузки в различных функциональных зонах сильно варьирует. Хозяйственная деятельность человека во всех функциональных зонах города сопровождается эксплуатацией земель, что приводит к значительным преобразованиям почвенного покрова. Антропогенно спровоцированные трансформации почв крайне разнообразны по характеру хозяйственной деятельности, типу воздействия (химическое, физическое, биологическое воздействие) и степени воздействия. Функциональные зоны сельскохозяйственного производства в структуре территорий городских агломераций занимают значительные площади и

представлены, как правило, землями садово-огородных товариществ (СНТ). Преобразование почвенного покрова на территориях СНТ носит разнонаправленный характер от изменения морфологического строения почвенного профиля и физических свойств почв до истощения плодородного потенциала и химического загрязнения.

Целью работы являлась исследование характерных преобразований морфологических, физических и физико-химических свойств почв в ходе их длительной эксплуатации в структуре земель интенсивного садоводства и огородничества.

**Объекты и методы исследования.** Исследование проводилось на территории СНТ «Резинщик» и СНТ «Ягодка» Курской агломерации. В мезорельефе преобладают выровненные участки, но также отмечены пологие склоновые поверхности. Нативный почвенный покров территорий, изучаемых СНТ представлен черноземами типичными. В функциональной структуре практически каждого дачного участка выделяется несколько зон: зона огородничества (50-70 %), зона садоводства (20-30 %), зона жилищно-бытовых, хозяйственных построек и коммуникаций (10-20 %). Возможны и варианты перекрытия перечисленных функциональных зон, например, когда почвы под плодовыми деревьями используются в целях выращивания однолетних культур. В большинстве своем, антропогенное преобразование нативных почв изучаемых СНТ происходило в следующих направлениях: агрогенная деградация при выращивании растительной плодово-овощной продукции (химическое загрязнение, истощение плодородия, эрозия), урбаногенная деградация при строительстве (глубокое перемешивание генетических горизонтов почв, запечатывание, химическое загрязнение), мелиорация и рекультивация (сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений, высадка сидеральных культур, подсыпка чистых плодородных грунтов). В почвенном покрове практически каждого участка выделяются 4 основные группировки почв – черноземы типичные (почвы садов) и их антропогенные модификации – агрочерноземы типичные (почвы огородов), урбаноземы (почвы жилищно-бытовых построек и коммуникаций) и запечатанные почвы (почвы под постройками, асфальтовыми и бетонными дорожками). При детальном описании антропогенных модификаций нативных черноземов типичных в исследуемых СНТ, в зависимости от степени воздействия можно также выделять: урбочерноземы, хемоземы, реплантоземы, агроземы, агроаброземы. Наиболее мощным воздействием, в корне изменяющим почвы на территориях дачных участков, безусловно, является строительство летних домиков, беседок, хозяйственных построек, дорожек, а также проведение коммуникаций. Минимальный уровень воздействия, как правило, приурочен к необрабатываемым участкам почв, функционирующих под плодовыми деревьями. Для выявления максимального уровня антропогенной трансформации почвенные разрезы закладывались именно в зоне минимального воздействия (почвы под плодовыми деревьями – сад) и максимальной трансформации почвенного покрова (зона жилищно-бытовых, хозяйственных построек и коммуникаций). Физические свойства почв определялась *in situ* с

помощью портативных приборов. Влажность почвы измеряли с использованием влагомера почвенного МГ-44, плотность сложения – пенетрометра Wile Soil, температура и электропроводность – кондуктометра/термометра фирмы HI.

**Результаты и их обсуждение.** Агроценоз зоны садоводства был представлен небольшим садовым участком площадью около 1,5 сотки. Среди плодовых деревьев присутствовали яблоня домашняя (*Malus domestica*), вишня (*Prunus* subgen. *Cerasus*). Кустарниковый ярус был представлен малиной обыкновенной (*Rubus idaeus*). Доминантной группой травянистого яруса являлись дикорастущие злаки (*Poaceae*), также встречались куртины земляники лесной (*Fragaria vesca*), клевера белого (*Trifolium repens*), подорожника большого (*Plantago major*), одуванчика обыкновенного (*Taraxacum officinale*). Почвенный покров участка под садовыми деревьями был представлен черноземом типичным карбонатным среднесуглинистым на среднем карбонатном лессовидном суглинке. Почва имела следующие морфологические и физические свойства:

**А<sub>0</sub> (0-2 см)** – подстилка из опавших листьев плодовых деревьев и разлагающихся и полуразложившихся остатков разнотравья.

**А<sub>U</sub> (2-50 см)** – окраска по Манселлу 5YR 3/1, среднесуглинистый, влажноватый, структура – зернистая, рыхлый, обильно пронизан корнями растений и ходами червей, копролиты, в нижней части горизонта на глубине 45 см отмечалось наличие белоглазки, в верхней части горизонта присутствуют включения обломков кирпича – очень мало, слабое вскипание от 5 % раствора HCl с глубины 30 см, переход четкий по окраске.

**А<sub>B</sub> (50-66 см)** – окраска по Манселлу 5YR 6/4, среднесуглинистый, влажный, плотный, структура – зернисто-ореховатая, отмечена активная деятельность роющей мезо- и мегафауны – ходы червей и слепышей, корни плодовых деревьев, обильно представлены включения белоглазки, железистые примазки, марганцевые конкреции диаметром 1-2 мм, бурно вскипает, переход постепенный по окраске и плотности.

**В<sub>са</sub> (60-110 см)** – окраска по Манселлу 5YR 6/6, среднесуглинистый, влажный, плотный, структура – ореховато-комковатая, отмечена активная деятельность роющей мезо-и мегафауны – ходы червей и слепышей, в нижней части горизонта слепышины округлые пятна наполненные материалом темно-гумусового горизонта диаметром 8-10 см, корни плодовых деревьев, обильно представлены включения белоглазки и небольшое количество журавчиков, железистые примазки, марганцевые конкреции диаметром 1-2 мм, бурно вскипает, переход постепенный по окраске.

Растительный покров в зоне жилищно-бытовых, хозяйственных построек и коммуникаций (дачные домики, сарай) был представлен рябиной черноплодной (*Aronia melanocarpa*), вишней (*Prunus* subgen. *Cerasus*), калиной обыкновенной (*Viburnum opulus*), ирисом гладким (*Iris laevigata*), подорожником большим (*Plantago major*), ясноткой крапчатой (*Lamium maculatum*), лопухом большим (*Arctium lappa*). Почва этой функциональной зоны была представлена урбаноземом собственно. При описании почвенного разреза фиксировалось следующее строение профиля:

**RAT (0-22 см)** рекультивационный горизонт, созданный в ходе смешивания песка, органических удобрений (навоз) и перенесенной с другого участка агрочерноземной почвы (горизонт Ap) окраска по Манселлу 5YR 3/2, среднесуглинистый, влажный, рыхлый, структура – зернистая, обильно представлены корни растений (плодовые деревья, декоративные цветы), ходов червей очень мало, капролиты – очень мало, антропогенные включения и артефакты в виде обломков кирпича, битого стекла, черепков посуды, остатков резинотехнических изделий от 6 до 10 %, слабо вскипает с поверхности от 5 % раствора HCl, переход четкий по окраске, плотности и структуре.

**TCH (22-30 см)** техногенный горизонт, образованный стихийно (место временного складирования каменного угля для отопления летнего домика), окраска по Манселлу 5YR 2,5/2, слитой, влажный, представленный на 80-90 % разлагающимися мелкими обломками каменного угля, а также включениями обломков кирпича и щебня, слабо пронизывается корнями растений, ходы червей отсутствуют, очень слабо вскипает от 5 % раствора HCl, переход четкий по окраске и структуре.

**U<sub>1</sub> (30-69 см)** урбогенный горизонт, образованный в результате механического перемешивания почвенного профиля (земляные работы при строительстве летнего домика и подведения коммуникаций), окраска по Манселлу 5YR 6/2, среднесуглинистый, структура – ореховато-комковатая, влажный, слитой, структурные отдельности имеют резко угловатые грани, на поверхностях структурных отдельностей отмечался сизоватый налет (пленки локального оглеения), единично встречаются журавчики (d ~ 10 мм), корни плодовых деревьев, ходы червей практически отсутствуют, более 5 % антропогенных включений: обломки кирпича и щебня, битое стекло, черепки посуды, остатки резинотехнических изделий, переход резкий по плотности и постепенный по окраске.

**U<sub>2</sub> (69-110 см)** урбогенный горизонт, образованный в результате механического перемешивания почвенного профиля (земляные работы при строительстве летнего домика и подведения коммуникаций), окраска по Манселлу 5YR 6/1, среднесуглинистый, структура – ореховато-зернистая, влажный, рыхлый, железистые примазки, островками по 5-15 см в диаметре отмечались уплотненные глинистые образования (сохранившиеся глыбы В горизонта исходной почвы, корни плодовых деревьев, более 10 % антропогенных включений: обломки кирпича и щебня, остатки резинотехнических изделий).

По описанию почвенных разрезов можно констатировать полное преобразование почвенного покрова в зоне жилищно-бытовых и хозяйственных построек. Отмечено глубинное нарушение системы генетических горизонтов нативной почвы – чернозема типичного. Основными формами трансформации являлись механическое перемешивание и загрязнение антропогенными включениями. Наряду с ними выявлено воздействие, направленное на восстановление плодородия – землевание с подсыпкой плодородного грунта. Почвы садового участка имели классическое строение для почв черноземного ряда.

Наряду с изменением морфологических свойств почв установлены изменения изучаемых физических физико-химических параметров. В связи с нарушением системы генетических горизонтов изменялось профильное распределение почвенной влаги, плотности сложения, электропроводности, температуры, кислотно-основного и окислительно-восстановительного режимов (таблица).

Физические и физико-химические свойства почв садово-огородного участков южной части Курской агломерации

Горизонт	Глубина отбора проб, см	t, C <sup>0</sup>	Влажность, %	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	ЕС, mSm/cm	pH(H <sub>2</sub> O)	Eh, mV
Чернозем типичный							
AU	0-25	19,5	42,1	0,9	0,03	7,34	455
AU	25-50	19,1	45,8	1,0	0,16	7,49	450
AB	50-60	17,6	54,7	1,2	0,71	7,78	458
Вса	60-80	16,3	58,6	1,4	0,95	7,92	482
Вса	80-110	16,1	58,8	1,4	0,98	7,95	474
Урбанозем собственно							
RAT	0-22	17,3	57,2	1,1	0,30	7,78	492
TCH	22-30	17,5	46,2	1,7	0,02	7,84	507
U1	30-69	16,9	35,4	1,8	0,16	7,82	481
U2	69-100	16,5	50,2	1,0	0,50	8,57	493
U2	110-110	15,6	72,2	0,9	0,88	8,41	483

Температура рекультивационного и техногенного горизонта урбанозема была на 1,6-2,2 C<sup>0</sup> ниже, чем гумусово-аккумулятивного горизонта чернозема типичного. Влажность поверхностного горизонта, наоборот была на 26,3 % выше у урбанозема. Это связано с затенением, создаваемым жилыми постройками. Температурный режим глубоко залегающих горизонтов исследуемых почв практически не отличался. Урбанозем отличался сильным уплотнением горизонтов TCH и U1 – 1,7-1,8 г/см<sup>3</sup>. Электропроводность почв возрастала с глубиной в обоих случаях и была заметно выше у чернозема типичного. Исключением являлся рекультивационный горизонт, где ЕС в 10 раз превышало этот показатель для гумусово-аккумулятивного горизонта чернозема, что можно объяснить более высокой влажностью и применением минеральных удобрений при проведении рекультивации. По показателю pH водной вытяжки почвы относятся к нейтральным и слабощелочным. Для урбанозема показатель pH(H<sub>2</sub>O) заметно выше (до 0,65 единиц), что объясняется присутствием большого количества карбонатной пыли, которая седиментировалась в почве в ходе проведения строительных работ. Значения окислительно-восстановительного потенциала (450-507 mV) свидетельствуют о доминировании окислительных процессов в изучаемых почвах, и, в обоих случаях, соответствовали нормальным для фоновых черноземов значениям.

**Заключение.** Антропогенное преобразование почв СНТ имеет разнонаправленный характер и варьирует внутри каждого индивидуального земельного участка. Максимальная трансформация почвенного покрова отмечена в зоне жилищно-бытовых и хозяйственных построек (дачных домиков), в которой отмечено полнопрофильное нарушение последовательности залегания генетических горизонтов, явное уплотнение, подщелачивание и изменение влагообеспеченности почв.

*Работа выполнена при поддержке Гранта Федерального агентства по делам молодежи (Росмолодежь). Соглашение №1794 от 18.11.2019 г.*

### **Список литературы**

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: [от 07.05.1998 N 73-ФЗ, ред. от 31.12.2005]

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации: [от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 23.04.2018)]

3. Гуцин А.Н. Закономерности формирования планировочной структуры территориальных зон в крупнейших городах / А.Н. Гуцин, Н.В. Переверзева, С.И. Санок // Урбанистика. – 2018. – № 3. – С. 27 - 37.

4. Потапова Е.В. Функциональное зонирование территории городов / Е.В. Потапова, Е.В. Зелинская // Вестник ИрГТУ. – 2014. – №7 (90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalnoe-zonirovanie-territorii-gorodov> (дата обращения: 06.10.2020).

5. Gushchin A.N. Does an ideal urban layout system exist? / A.N. Gushchin, S.I. Sanok, N.V. Pereverzeva, N.F. Sneider // Revista ESPACIOS. – 2017. – Vol.38 (N° 24). – Pp. 16-30.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **СИНТЕЗ (Z)-6-АМИНО-4-(2-АРИЛ-1-ЦИАНОВИНИЛ)-2-ОКСО-1,2-ДИГИДРОПИРИДИН-3,5-ДИКАРБОНИТРИЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

А.Ю. Алексеева, И.Н. Бардасов

ФГБОУ ВО «Чувашский Государственный Университет имени И.Н. Ульянова»,  
г. Чебоксары

**Аннотация.** В результате нуклеофильного замещения атома хлора в (Z)-2-амино-4-(2-арил-1-циановинил)-6-хлорпиримидин-3,5-дикарбонитрилах были синтезированы (Z)-6-амино-4-(2-арил-1-циановинил)-2-оксо-1,2-дигидропиримидин-3,5-дикарбонитрилы. Изучены оптические свойства синтезированных соединений и исследованы их хемосенсорные свойства на ионы ртути (II).



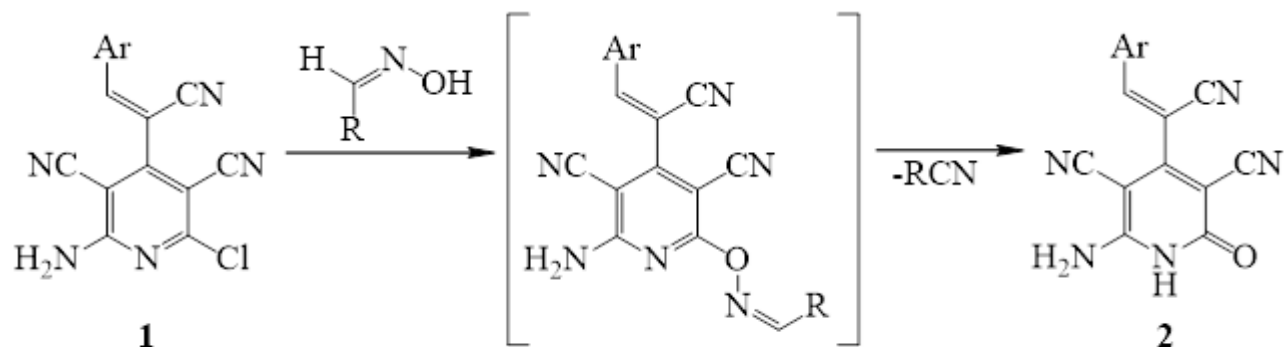
В последнее время опубликовано множество работ по синтезу и исследованию оптических свойств производных пиридин-2-она различного функционального окружения, перспективных пигментов для красок и азокрасителей [1-2], для флуоресцентных полимерных пленок [3], в качестве активных слоев солнечных батарей [4] и эффективных хемосенсоров по отношению к ионам цинка [5], алюминия, а также на цианид и фторид анионы [6], на ионы ртути [7].

Как результат широкого применения химия 2-оксоникотинонитрила представляет собой развитую область и находится на стадии направленного синтеза новых материалов с целью решения прикладных задач. На современном этапе разработан массив методов синтеза цианопиридонов различного функционального окружения, где предпочтение отдается каскадному подходу [8-10].

В данной работе нами осуществлен синтез новых (*Z*)-6-амино-4-(2-арил-1-циановинил)-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрилов **2a-e** взаимодействием (*Z*)-2-амино-4-(2-арил-1-циановинил)-6-хлорпиридин-3,5-дикарбонитрилов **1a-e** с оксимами ароматических альдегидов (схема). Реакцию проводили в диоксане в присутствии двукратного избытка третбутилата калия и нагревании до 80°C.

Осуществить синтез простой заменой атома галогена нам не удалось, поэтому была применена новая методика, основанная на реакции нуклеофильного замещения атома галогена оксимом ароматического альдегида с последующим отщеплением соответствующего нитрила.

Строение соединений **2a-e** доказано комплексом физико-химических методов анализа.



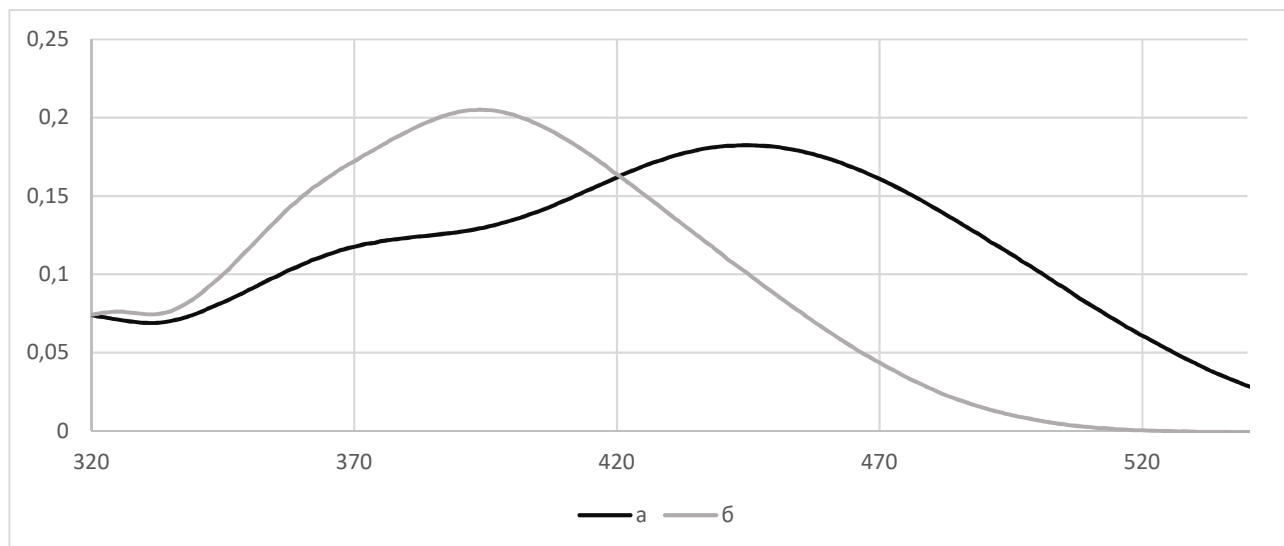
Ar = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (a), 2-ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (b), 4-CH<sub>3</sub>O-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (c), 4-O<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (d), 4-(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (e)

Схема. Синтез (*Z*)-6-амино-4-(2-арил-1-циановинил)-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрилов **2 a-e**

Спектры поглощения соединений **2a-e** в диметилсульфоксиде представлены максимумами в области 300-395 нм и смещаются в длинноволновую область при использовании уксусной кислоты в качестве растворителя. Максимальное поглощение в ДМСО наблюдается для соединений **2d** и **2e**. Спектры флуоресценции в ДМСО представлены широкими, плохо

выраженными максимумами в области 410-493 нм. Для соединений **2b** и **2e** можно пронаблюдать интенсивные полосы флуоресценции и смещение в длинноволновую область при 493 и 474 нм соответственно.

Как показали исследования хемосенсорных свойств на примере соединения **2e**, наличие ионов ртути в воде приводит к смещению максимума поглощения в длинноволновую область, что заметно и невооруженным глазом (рисунок).



Спектры поглощения соединения **2e** в ДМСО в присутствии ионов ртути (II) (а) и без ионов ртути (II)

Таким образом, нами синтезирован и разработан селективный и чувствительный хемосенсор для обнаружения ионов ртути (II).

*Исследование проведено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2166.2019.3 (соглашение № 075-15-2019-383).*

### Список литературы

1. Zatsikha Y.V. Functionalized bispyridoneannellated BODIPY–Bright long-wavelength fluorophores / Y.V. Zatsikha, V.P. Yakubovskiy, M.P. Shandura, Y.P. Kovtun. – *Dyes and Pigments*, 2015. – Vol. 114. – P. 215-221.
2. Shinde S. Synthesis, spectroscopic characteristics, dyeing performance and TD-DFT study of quinolone based red emitting acid azo dyes / S. Shinde, N. Sekar. – *Dyes and Pigments*, 2019. – Vol. 168. – P. 12-27.
3. Guzel M. A solution-processable electrochromic polymer designed with Reactive Yellow 160 and 2-hydroxy carbazole / M. Guzel, M. Ak. – *Organic Electronics*, 2019. – Vol. 75. – P. 105436.
4. Wang H.-C. A distorted lactam unit with intramolecular hydrogen bonds as the electron donor of polymer solar cells / H.-C. Wang, M. Ren, J. Cao, H.-B. Yin, G. Zhang, J. Xiao, X. Ren, H.-L. Yip, Y.-X. Xu. – *Journal of Materials Chemistry C*, 2019. – Vol. 7 (№39). – P. 12290-12296.

5. Hagimori M. *Synthesis of a Novel Pyrazine–Pyridone Biheteroaryl-Based Fluorescence Sensor and Detection of Endogenous Labile Zinc Ions in Lung Cancer Cells* / M. Hagimori, M. Taniura, N. Mizuyama, Y. Karimine, S. Kawakami, H. Saji,; T. Mukai. – *Sensors*, 2019. – Vol. 19. – P. 2049.
6. Ding W.-H. *A new fluorescent and colorimetric chemosensor for Al<sup>3+</sup> and F<sup>-</sup>/CN<sup>-</sup> based on a julolidine unit and its bioimaging in living cells* / Ding W.-H., D. Wang, X.-J. Zheng, W.-J. Ding, J.-Q. Zheng, W.-H. Mu, W. Cao, L.-P. Jin. – *Sens. Actuator B-Chem*, 2015. – Vol. 209. – P. 359.
7. Kumar A. *Anthroneamine based chromofluorogenic probes for Hg<sup>2+</sup> detection in aqueous solution* / A. Kumar, S. Kumar. – *Tetrahedron Lett*, 2012. – Vol. 53. – P. 2030.
8. Ershov O. V. *Synthesis and solid-state fluorescence of aryl substituted 2-halogenocinchomeric dinitriles* / O.V. Ershov, M.Yu. Ievlev, M.Yu. Belikov, K.V. Lipin, A.I. Naydenova, V.A. Tafenko – *RSC Advances*, 2015. – Vol. 5. – P. 34191.
9. Ershov O.V. *2-Pyridone-based fluorophores: Synthesis and fluorescent properties of pyrrolo[3,4-c]pyridine derivatives* / O.V. Ershov, S.V. Fedoseev, M.Yu. Ievlev, M.Yu. Belikov. – *Dyes and Pigments*, 2016. – Vol. 134. – P. 459.
10. Kayukov, Ya.S. *Reactions of tetracyanocyclopropyl ketones with ammonia and primary amines* / Ya.S Kayukov, S.V. Karpov, I.N. Bardasov, O.V. Ershov, M.Yu. Belikov, O.E. Nasakin. – *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2012. – Vol. 48. – P. 491-493.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИ ВЫБОРЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

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

***Аннотация.** Статья посвящена вопросам экологической оценки строительных и отделочных материалов при возведении, а также реконструкции зданий и сооружений.*

С появлением на рынке всё новых отделочных и строительных материалов, применяемых в строительстве и реставрации, остро встает вопрос безопасности для окружающей природной среды, а также для самого человека. Экологическая оценка безопасности строительных материалов и критерии их выбора для вопросов строительства на сегодняшний день активно внедряется в мировой практике в области строительства и реставрации.

Строительство новых зданий и сооружение, а также реставрация имеющихся, связаны с использованием различных по природе строительных материалов, которые в большей или меньшей степени вредны для человека, а также по-разному оказывают влияние на окружающую среду: как в части разработки природных ресурсов, так и в загрязнении при их изготовлении [1].

Можно сделать выводы, что использование отделочных и строительных материалов отрицательно сказываются на здоровье людей, негативно влияет на качество самого строительства. На данном основании на этапе проектирования важно выбрать качественные материалы не только с экономической и эстетической, но и с экологической точек зрения. Для этого необходимо проведение экологической оценки строительных материалов согласно имеющимся требованиям по защите окружающей среды. Для этого необходимо, принимая решение об использовании материала, уметь оценить прямые и косвенные его воздействия на окружающую среду и человека с экологических позиций.

На сегодняшний день известны системы оценки экологических эффектов по жизненному циклу материала [2,5], начиная с добычи сырья, изготовление материалов и изделий, применение материала, эксплуатация материала в объекте, необходимость ухода за ним для поддержания его качества, совместимость с материалами, которые используются для продления этапа эксплуатации - ремонта, реставрации, реконструкции, уничтожение или повторное использование.

Если говорить о решении поставленных задач, то необходимо рассмотреть этапы жизненного цикла стройматериалов с выявлением воздействия на окружающую среду, а также разработку направлений по решению проблем по стабилизации экологической нагрузки.

При добыче сырья для производства различных строительных и отделочных материалов, происходит истощение природных, материальных и энергетических; внесение изменения в ландшафт; загрязнение экосистем посредством загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы. Проблема добычи любого сырья с наименьшими последствиями для экосистемы планеты в целом является серьёзной и требующей внедрение научного компонента повсеместно.

Момент изготовления изделий и материалов сопровождается множеством отрицательных влияния на окружающую среду – твердыми, жидкими и газообразными отходами, потреблением энергии, необходимой для технологических процессов изготовления, шумовыми и вибрационными загрязнениями. Улучшение качества производимых отделочных и строительных материалов, с различными качественными характеристиками (прочность, долговечность, негорючесть, и т.д.) приводит к существенному снижению природных ресурсов. Уменьшение количества этапов технологической обработки в процессе изготовления строительных материалов также ведет к уменьшению опасных и вредных выбросов в экосистему [1].

При демонтаже зданий или сооружений, при образовании большого количества отходов неизбежно наблюдается загрязнение среды, а также изменение ландшафта при не правильной утилизации строительных отходов, их сжигании или устройстве несанкционированных свалок. К мероприятиям экологического характера по снижению негативного влияния на окружающую среду относятся плановый ремонт, качественная реставрация объектов, отказ от

утилизации и сжигания строительного мусора, повторное использование без переработки (при возможности).

Еще на этапе проектирования объекта необходимо решить важные экономические и экологические задачи, связанные с выбором материалов и конструкций, отвечающих самым современным требованиям в области экологической безопасности. На этапе строительства необходимо определить срок пригодности используемых материалов, строительных элементов и конструкций, и всего здания. Продление периода использования материала позволит снизить нагрузку на окружающую среду, и, что важно, на самого человека и его потомство. В результате экологической оценки строительного или отделочного материала учитывается количество отходов и возможность выброса в окружающую среду загрязняющих веществ при выполнении строительных или реставрационных работ. Необходимо отметить, что при оценке строительной и отделочной продукции упор делается на анализ влияния материала на здоровье и самочувствие человека [4]. Исследования показывают, что даже так называемые «экологичные» материалы зачастую содержат в своём составе вредные компоненты, часто негативно сказывающиеся на гигиенических свойствах воздуха в помещениях, а также самочувствии людей, находящихся в здании [5]. К таким материалам можно отнести древесностружечные материалы на фенолоформальдегидном связующем; клеи и краски на органических растворителях; материалы, содержащие ПВХ и многие другие. Часто, избегать применения таких материалов в жилых и общественных зданиях бывает довольно затруднительно, но минимизировать их количество в процессе строительства и дальнейшей эксплуатации всё же остается возможным.

Задачей грамотного специалиста является проведение глубокого анализа экологической безопасности материалов и конструкций на всех этапах жизненного цикла - от добычи до утилизации материала, что позволит не только просчитать нагрузку на окружающую среду, но и выбрать наиболее экологически безопасные материалы. Экологическая оценка применяемых строительных и отделочных материалов поможет спрогнозировать существенные риски на всех этапах жизненного цикла материалов.

### Список литературы

1. <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1299>
2. *Будущее строительных технологий*-URL: [www.turkov.ru](http://www.turkov.ru)
3. Пушилина Ю.Н. *Осуществление экологического контроля в сфере строительства // Современные проблемы экологии: доклады XX Междунар. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2018. – С. 89-91*
4. Пушилина Ю.Н. *Применение экологичных строительных материалов «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» – 15-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Сборник научных трудов: БНТУ, Минск, 2019. – Т. 1. – С. 394-398.*

5. Снейшер В.А. Обезвреживание промышленных выбросов дожиганием / В.А. Снейшер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168с.

6. <https://building-tech.org/samovosstanavlivajushhijjsja-beton/DSLlibrary>.  
Новости инженерной сферы-URL:<https://lib.dystlab.com/index.php/blog/72-palazzo-italia-smog-eating-building>

## МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

### ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЛЕЧЕБНО-КОСМЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСАМИ АМИНОКИСЛОТ

Ю.А. Шигабиева, С.А. Богданова, Л.Н. Залялютдинова, А.А. Князев  
Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казанский государственный медицинский университет,  
г. Казань

***Аннотация.** Получены и исследованы аминокислотные комплексы кобальта, меди и лития. Изучена их антимикотическая, антибактериальная и антиоксидантная активность. Выявлены концентрации комплексов в растворе для разработки на их основе лечебно-косметических средств. На основании исследованных закономерностей разработаны рецептуры шампуня, полимерного геля и ополаскивателя для волос, обладающих выраженными антиоксидантными свойствами.*

Модификация биологически активных соединений с целью создания новых лекарственных средств является актуальным направлением научного поиска. Аминокислоты служат основными строительными блоками белков и азотистыми скелетами нейротрансмиттеров и гормонов [1]. Микроэлементы также важны для функций клетки на биологическом, химическом и молекулярном уровнях. Однако в состоянии дефицита они могут стимулировать альтернативные пути и вносить вклад в патогенез различных заболеваний [2]. Особый интерес представляют кобальт, медь и литий вследствие их способности к образованию координационных соединений и многообразия фармакологических свойств [3]. Цель данной работы заключается в получении и исследовании лечебно-косметических композиций с комплексами метионина и эссенциальных микроэлементов.

Аминокислотные комплексы были синтезированы в лаборатории координационных соединений ФГАОУ ВО «К(П)ФУ». Антимикотическую и антибактериальную активность соединений исследовали на тест-культурах патогенной и условно-патогенной микрофлоры: музейных штаммах: *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *V.cereus* и *Candida albicans* (ATCC 885-653) методом

лунок [3]. Антиоксидантную активность водных растворов металлокомплексов аминокислот измеряли фосфомолибденовым методом. Пенообразующую способность лечебно-косметических шампуней с металлокомплексами изучали методом Росс-Майлса при температуре  $t=37\pm 2$  °С. Реологические свойства полимерных гелевых композиций измеряли методом ротационной вискозиметрии на приборе «Reotron» в режиме контролируемой скорости сдвига.

Результаты исследования показали, что металлокомплексы метионина обладают различной антимикробной активностью. Растворы метионината лития (1%) проявляют антибактериальные и антимикотические свойства, сопоставимые с эффективностью растворов протеината серебра (2 %) («Сиалор»). Они вызывают задержку роста бактерий и дрожжевых грибов и, в отличие от Сиалора, подавляют рост спорообразующих грамположительных почвенных бактерий *Bacillus cereus*, которые вызывают токсикоинфекции у человека. Растворы метионина не влияли на рост исследуемых бактерий и дрожжей.

С помощью фосфомолибденового метода выявили высокую антиоксидантную активность исследуемых биологически активных соединений, что открывает новые горизонты для их применения в составе систем лечебно-косметического назначения.

Важной частью работы явилось исследование влияния добавления метионината лития, кобальта и меди на свойства пены шампуней методом Росс-Майлса. Установили, что содержание 1 % масс. этих активных компонентов приводит к увеличению пенообразующей способности базовой композиции примерно в 1,5 раза. Это может свидетельствовать о проявлении ими поверхностной активности.

Реологические исследования показали, что полимерные лечебно-косметические гели с аминокислотными комплексами лития, кобальта и меди являются неньютоновскими тиксотропными жидкостями. Введение данных биологически-активных добавок приводит к незначительному снижению основных структурно-механических характеристик – вязкости и предела текучести, что способствует лучшему распределению гелевых композиций по поверхности кожи при нанесении, а также лучшей биодоступности.

### Список литературы

1. Северин Е.С. Биологическая химия / Е.С. Северин, Т.Л. Алейникова, Е.В. Осипов. – М.: Медицинское информационное агентство, 2008. – 364 с.
2. Prashanth L. A review on role of essential trace elements in health and disease / L. Prashanth, K.K. Kattapagari, R.T. Chitturi, V.R.R. Baddam, L.K. Prasad // J. NTR Univ. Health Sci. – 2015. – No 4. – Pp. 75-85.
3. Iakovidis I. Copper and its complexes in medicine: a biochemical approach / I. Iakovidis, I. Delimaris, S.M. Piperakis // Mol. Biol. Int. – 2011. – No 2011.
5. Першин Г.Н. Методы экспериментальной химиотерапии / Г.Н. Першин. – М.: Медицина. – 1971. – 245 с.

## БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МЕДИ(II) С КОФЕИНОМ И АНТИПИРИНОМ

Н.С. Рукк<sup>1</sup>, Т.В. Иванова<sup>1</sup>, Н.С. Каберник<sup>1</sup>, Г.А. Давыдова<sup>2</sup>, Л.Г. Кузьмина<sup>3</sup>,  
Г.А. Бузанов<sup>3</sup>, С.К. Белусь<sup>4</sup>, А.Г. Коржова<sup>5</sup>, Е.И. Кожухова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> МИРЭА – Российский технологический университет (РТУ МИРЭА),  
г. Москва

<sup>2</sup> Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН (ИТЭБ РАН),  
г. Пущино, МО

<sup>3</sup> Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,  
г. Москва

<sup>4</sup> НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА,  
г. Москва

<sup>5</sup> Биотехнологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,  
г. Москва

**Аннотация.** Соединения состава  $[Cu(AP)_2Cl_2]$  (**1**),  $[Cu(AP)_2Br_2]$  (**2**),  $[Cu(AP)_4(H_2O)](ClO_4)_2$  (**3**) и  $[Cu(saf)_2Br_2]$  (**4**) ( $AP - C_{11}H_{12}N_2O$ , 1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3Н-пиразол-3-он, антипирин,  $saf - C_8H_{10}N_4O_2$ , кофеин) были получены из водного раствора бромида или перхлората меди(II) или этанольного раствора хлорида меди(II) и соответствующего лиганда  $L$ , взятых в мольных отношениях  $CuX_2:L = 1:2$  ( $L =$  антипирин,  $AP$  для (**1-3**) или  $CuBr_2:L = 1:(0.8-2)$  ( $L =$  кофеин ( $saf$ ) для (**4**)) и охарактеризованы с помощью физико-химических методов анализа (РФА, РСА, ИК-спектроскопия и ESI-масс-спектроскопия). Были проведены исследования цитотоксичности комплексов по отношению к клеточной линии аденокарциномы молочной железы MCF-7 и к стволовым клеткам пульпы зуба DPSC.

**Ключевые слова:** хлорид меди(II), бромид меди(II), перхлорат меди(II), кофеин, антипирин, координационное соединение, цитотоксичность.

### Введение

Известно, что в настоящее время смертность от злокачественных новообразований, по данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ, WHO), является лидирующей после заболеваний сердечно-сосудистой системы. Только в 2018 году зарегистрировано 17 миллионов новых случаев онкозаболеваний и 9.5 миллионов смертей от рака [1]. В дальнейшем прогнозируется рост как заболеваемости, так и смертности, вот почему поиск новых противораковых препаратов становится очень важной задачей. Необходимость разработки лекарственных средств на базе комплексных соединений переходных металлов с биоактивными лигандами обусловлена наличием побочных эффектов у общеизвестных противораковых соединений на основе платины (цисплатина, карбоплатина и т.д.). Противоопухолевая активность некоторых комплексов металлов основана на связывании с молекулой ДНК, что приводит к разрыву и необратимой деградации последней [2]. На этом основан возможный механизм действия комплексов кофеина и



антипирина, а также их производных.

Известно, что медь-содержащие частицы являются кофактором супероксиддисмутазы, нейтрализующей свободные кислородные радикалы; они также проявляют селективную цитотоксичность по отношению к раковым клеткам вследствие пониженного содержания кислорода в областях, окружающих злокачественные новообразования, что приводит к восстановлению меди(II) в обедненных кислородом опухолевых клетках до меди(I), катализирующей образование активных форм кислорода (АФК), окислительному стрессу, разрывам двойной спирали ДНК и апоптозу [3, 4]. Показано значение плоскоквadrатного окружения центрального атома при интеркаляции и разрушении ДНК [2], а также наличия дополнительных биолигандов, необходимых для доставки лекарственных веществ [5]. В [6] установлено, что цитотоксичность молекулярного плоскоквadrатного комплекса  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  носит дозозависимый характер, причем комплекс более цитотоксичен для линии клеток MCF-7 (в сравнении с DPSC). При концентрациях  $5 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л комплекс более токсичен, чем смесь прекурсоров и стандарт - доксорубин.

Антипирин (1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3Н-пиразол-3-он,  $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}$ ) – производное пиразолона, обладает анальгезирующими и противовоспалительными свойствами. Ранее изучались комплексы антипирина и его производных с нитратом [7] и хлоридом меди(II) [8, 9]. В работе [9] показано, что комплексы переходных металлов с антипирином и его производными перспективны для создания противоопухолевых препаратов. Для  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Cl}_2]$  [9] были определены антиокислительная активность и цитотоксичность для ряда клеточных линий, в том числе и для MCF-7 (48 h):  $\text{IC}_{50} = 53.58 \mu\text{M}$  (для цисплатина  $\text{IC}_{50} = 12.75 \mu\text{M}$ ). Сведения о синтезе и строении  $[\text{Cu}(\text{AP})_5](\text{ClO}_4)_2$  приведены в [10].

Цель настоящего исследования – получение и сравнительная характеристика комплексов меди (II) с антипирином и кофеином  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Cl}_2]$  (1),  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Br}_2]$  (2),  $[\text{Cu}(\text{AP})_4(\text{H}_2\text{O})](\text{ClO}_4)_2$  (3) и  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4).

### Экспериментальная часть

Соединения состава  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Cl}_2]$  (1),  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Br}_2]$  (2),  $[\text{Cu}(\text{AP})_4(\text{H}_2\text{O})](\text{ClO}_4)_2$  (3) и  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4) были получены из водного раствора бромида или перхлората меди(II) или этанольного раствора хлорида меди(II) и соответствующего лиганда L, взятых в мольных отношениях  $\text{CuX}_2:\text{L} = 1:2$  (L = антипирин, AP для (1-3)) или 1:0.8-2 (L = кофеин (caf) для (4)). Элементный анализ проводили на элементном анализаторе CHNS EuroVector EuroEA 3000 фирмы EuroVector s.p.a., Italy. Содержание меди было определено титриметрически и методом атомно-эмиссионной спектроскопии. ИК-спектры записывали на программно-аппаратном комплексе на основе ИК-Фурье спектрометра VERTEX 70 с модулем комбинационного рассеяния RAM II Bruker в области  $350\text{-}4000 \text{ см}^{-1}$  в таблетках KBr и в области  $680\text{-}30 \text{ см}^{-1}$  в суспензии вазелинового масла. Масс-спектры с ионизацией электрораспылением (ESI-MS) записывали на ESI масс-спектрометре AmaZon Bruker Daltonik GmbH, диапазон

регистрируемых фрагментов  $m/z = 70-2200$ , в режиме регистрации положительных и отрицательных ионов в растворе  $H_2O-CH_3CN$  (1:1). Рентгенофазовый анализ (РФА) исследуемых веществ выполняли на рентгеновском дифрактометре Bruker D8 Advance ( $CuK\alpha$ -излучение, Ni-фильтр, геометрия на отражение, детектор LYNXEYE, диапазон углов  $2\theta$ :  $5-80^\circ$ , шаг изменения:  $0,01132^\circ$ ) Центра коллективного пользования физическими методами исследования ИОНХ РАН. Рентгеноструктурный анализ монокристалла проводили на дифрактометре CCD SMART APEX-II (графитовый монохроматор,  $Mo-K\alpha$  излучение,  $\omega$  сканирование, 150 К). Цитотоксичность комплексов изучали на стволовых клетках пульпы зуба (DPSC, postnatal dental pulp stem cells) и клетках аденокарциномы молочной железы MCF-7 методом МТТ-теста [11]. Продолжительность теста – 24 часа.

### Результаты и их обсуждение

Состав соединений был подтвержден элементным анализом:  $[Cu(AP)_2Cl_2]$  (1):  $C_{22}H_{24}Cl_2CuN_4O_2$  (510.22) (выч./найд., масс. %: Cu 12.44/13.35; C 51.72/51.51; N 10.97/11.00; H 4.74/4.88);  $[Cu(AP)_2Br_2]$  (2):  $C_{22}H_{24}Br_2CuN_4O_2$  (599,12): (выч./найд., масс.% Cu 10,59/10.62; Br 26,64/26.57; C 44,05/44.17; H 4,03/4.23; N 9,34/9.30);  $[Cu(AP)_4(H_2O)](ClO_4)_2$  (3):  $C_{44}H_{50}Cl_2CuN_8O_{13}$  (1033/36) (выч./найд., масс. %: Cu 6.15/6.49; C 51.14/51.33; N 10.84/11.10; H 4.88/5,00);  $[Cu(caf)_2Br_2]$  (4)  $C_{16}H_{20}Br_2CuN_8O_4$ . (611.76) (выч./найд., масс. %: C 31.41/31.08; H 3.30/3.43; Br 26.13/26.25; Cu 10.38/10.72; N 18.32/18.16). Гомогенность образцов подтверждена с помощью рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа. Комплекс (2) кристаллизуется в моноклинной сингонии и характеризуется искаженной тетраэдрической геометрией, в отличие от плоскоквадратного комплекса бромида меди(II) с кофеином (4) [6], в котором координация лиганда осуществляется через атом N9 молекулы кофеина.

Состав и строение соединения  $[Cu(AP)_4(H_2O)](ClO_4)_2$  (3) отличаются для полученного в тех же условиях  $[Cu(AP)_5](ClO_4)_2$  [10], в котором координированы пять молекул лиганда. Координация лиганда через атом кислорода молекулы антипирина подтверждается данными ИК-спектроскопии (смещение полосы поглощения при  $1666\text{ см}^{-1}$ , отвечающей валентным колебаниям  $\nu(C=O)$  антипирина, в длинноволновую область при комплексообразовании):  $1598\text{ см}^{-1}$  для (1);  $1600\text{ см}^{-1}$  для (2),  $1574\text{ см}^{-1}$  для (3)). В ИК-спектре (3) имеются также полосы поглощения при  $3400-3600\text{ см}^{-1}$  ( $\nu(OH)$ ) и  $1602\text{ см}^{-1}$  ( $\delta(HOH)$ ), а также при  $1101\text{ см}^{-1}$  ( $\nu_3(ClO_4^-)$ ),  $932\text{ см}^{-1}$  ( $\nu_1(ClO_4^-)$ ). Данные ESI для (2):  $m/z$  выч./найд. для:  $C_{22}H_{24}N_4O_2Cu^+$  440.06/439.19  $[Cu(AP)_2]^+$ ; 223.35/222.60  $CuBr_2$ ; 303.26/303.60  $CuBr_3^-$  и др.; для (4):  $m/z$  выч./найд. для:  $C_{16}H_{20}N_8O_4CuBr^+$  531.83/532.01<sup>+</sup>  $[Cu(caf)_2Br]^+$ ;  $C_{16}H_{20}N_8O_4Cu^+$  451.93/451.14  $[Cu(caf)_2]^+$  и другие фрагменты, в том числе и кластеры кофеина.

Комплекс (3) кристаллизуется в моноклинной сингонии (пр. гр.  $P2_1/c$ ,  $a = 27.4806(7)$   $b = 25.2199(6)$ ,  $c = 13.7206(4)$   $\text{Å}$ ,  $\alpha = \gamma = 90.00^\circ$ ,  $\beta = 94.7110(10)^\circ$ ,  $V = 9477.0(4)$   $\text{Å}^3$ ). Атом меди находится в центре квадратной пирамиды, основание которой образовано 4 атомами кислорода молекул антипирина, а атом кислорода молекулы воды занимает аксиальное положение.

На рис.1. представлены результаты изучения цитотоксичности. Цитотоксичность носит дозозависимый характер для всех соединений и обоих типов клеток. Наивысшая цитотоксичность была обнаружена для  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4) при концентрации  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л для линии клеток MCF-7, причем она значительно превышает цитотоксичность соответствующих смесей по отношению к обеим клеточным линиям (Рис. 1 а, б), что подтверждает результаты, полученные в работе [6].

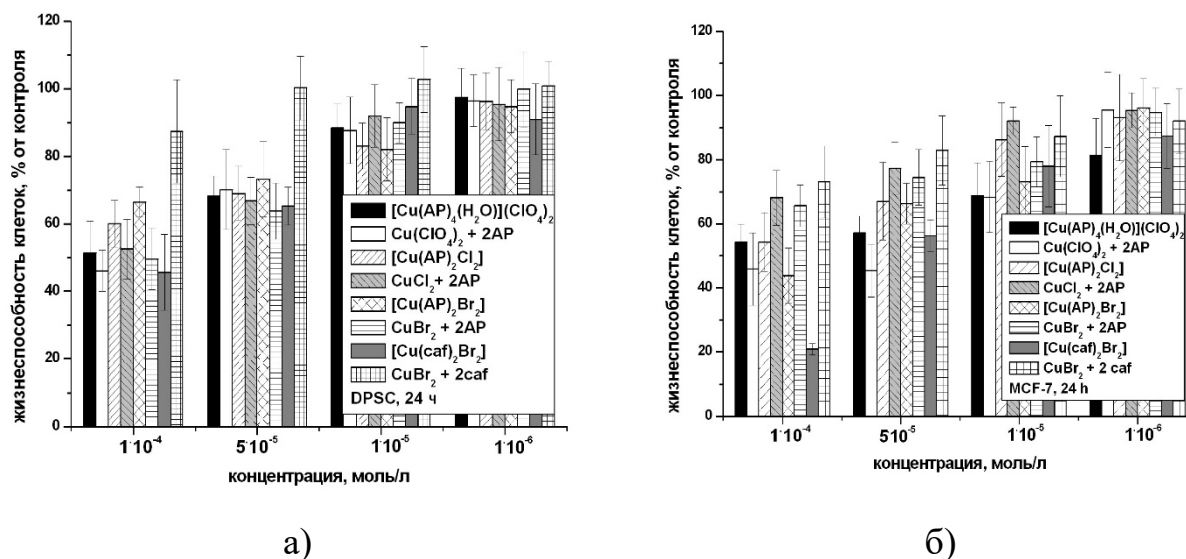


Рис.1. Результаты изучения цитотоксичности на линии стволовых клеток DPSC (а) и линии раковых клеток MCF-7 (б)

Для комплекса  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Br}_2]$  (2) цитотоксичность по отношению к раковым клеткам оказалась выше, чем для стволовых, при концентрациях  $1 \cdot 10^{-5}$  –  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Этот комплекс проявляет менее выраженную цитотоксичность по отношению к обеим линиям клеток в сравнении с  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4), причем наибольшее различие между цитотоксичностью по отношению к раковым и стволовым клеткам наблюдается для (4) при  $c = 1 \cdot 10^{-4}$  моль/л (Рис. 1, а, б). Для сравнения: у доксорубина выживаемость клеток MCF-7 (24 ч) составляет  $39.76 \pm 5.09$  % при той же концентрации. Таким образом, комплексы бромиды меди(II) токсичнее, чем все остальные, и достоверно токсичнее, чем соответствующие смеси.

## Выводы

1. Получены и идентифицированы комплексные соединения состава  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Cl}_2]$  (1),  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Br}_2]$  (2),  $[\text{Cu}(\text{AP})_4(\text{H}_2\text{O})](\text{ClO}_4)_2$  (3) и  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4) (AP –  $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}$ , антипирин, caf –  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ , кофеин), а также изучена их цитотоксичность по отношению к двум клеточным линиям.

2. Показано, что использование в качестве лиганда кофеина усиливает токсическое действие комплекса (4) по отношению к раковым клеткам и ингибирует токсичность смеси компонентов. Комплексы на основе бромиды меди(II) ( $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Br}_2]$  (2) и  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4)) более токсичны, чем смеси прекурсоров.

3. Установлено, что  $[\text{Cu}(\text{AP})_2\text{Br}_2]$  (2), обладает меньшей цитотоксичностью в сравнении с  $[\text{Cu}(\text{caf})_2\text{Br}_2]$  (4). Возможно, это объясняется строением соединений: плоскоквадратная геометрия для (4) и тетраэдрическая – для (2).

### Список литературы

1. <https://www.cancer.org/research/cancer-facts-statistics/global.html>
2. Boer D.R. et al. DNA-binding drugs caught in action: the latest 3D pictures of drug-DNA complexes // *Dalton Trans.* – 2009. – V. 38. – P. 399-414.
3. TurSKI M. et al. New Roles for Copper Metabolism in Cell Proliferation, Signaling, and Disease // *J Biol Chem.* – 2009. – V. 284(2). – P. 717-721.
4. Tabti R. et al. Progress in Copper Complexes as Anticancer Agents // *Med. Chem. (Los Angeles)*. – 2017. – V. 7. – P. 875-879.
5. Barrett S. et al. Anticancer activity, DNA binding and cell mechanistic studies of estrogen-functionalised Cu(II) complexes // *J. Biol. Inorg. Chem.* – 2020. – V. 25. – P. 49-60. DOI: 10.1007/s00775-019-01732-8.
6. Рукк Н.С. и др. Комплексы галогенидов цинка(II) и бромида меди(II) с кофеином: строение, физико-химические свойства и биоактивность // *Изв. АН. сер. Хим.* – 2020. – №7. – С. 1394-1400.
7. Brassy P.C. et al. Forme II du Complexe Dinitratobis(antipyrine)cuivre(II) // *Acta Cryst.* 1974. B30. P. 2500-2502.
8. Kovalchukova O. et al. Crystal structure of chlorido{1-(2,3-dimethyl-5-oxido-1-phenyl-1H-pyrazol-2-ium-4-yl-jO)-2-[3-methyl-5-oxo-1-phenyl-4,5-dihydro-1H-pyrazol-4-ylidene-κO]hydrazin-1-ido-jN1}copper(II) from laboratory X-ray powder data // *Acta Cryst.* – 2015. – E71. – P. 124-127.
9. Sathiyaraj S. et al. DNA binding/cleavage, antioxidant and cytotoxic activities of water soluble cobalt(II) and copper(II) antipyrine complexes // *Inorg. Chim. Acta.* – 2013. – V. 406. – P. 44-52. DOI: 10.1016/j.ica.2013.07.001.
10. Gopalakrishnan J. et al. Studies on Pentakisantipyrine Copper(II) Perchlorate // *B. CHEM. SOC JPN.* – 1967. – №40. – P. 791-793. DOI: 10.1246/bcsj.40.791.
11. Mossman T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays // *J. Immunol. Methods.* – 1983. – V. 65. – №1-2. – P. 55-63.

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА: PRO AND CONTRA

Е.П. Дупленко

Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева,  
г. Нижний Новгород

***Аннотация.** В статье анализируются преимущества и недостатки балльно-рейтинговой системы по сравнению с традиционной пятибалльной системой оценки успеваемости студентов по иностранному языку в технических университетах. Предлагаются возможные пути создания благоприятных условий для объективной оценки сформированности иноязычных компетенций.*

На современном этапе развития образования особое внимание уделяется повышению качества подготовки специалистов в высшей школе, чему, несомненно, способствует реализуемый в настоящее время в образовательной сфере компетентный подход к обучению всем дисциплинам. Успех обучения зависит не только от подхода к обучению и определения его актуального содержания, но и от эффективной организации самого учебного процесса, неотъемлемой частью которого является система оценки сформированности соответствующих компетенций. В связи с этим большой интерес в педагогическом сообществе вызывает ставшая популярной в последние годы балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Большинство авторов рассматривают балльно-рейтинговую систему как «средство повышения качества образования» [1; 3; 4; 5; 6], но в то же время некоторые исследователи, в частности, М.В. Пономарев [2] критически относятся к использованию данной системы.

В статье сделана попытка анализа аргументов как защитников БРС, так и ее противников, а также собственного непродолжительного, в течение трех семестров, опыта применения ее в учебном процессе. В силу многочисленных публикаций на тему использования БРС мы, в основном, ограничимся рассмотрением актуального для нас мнения исследователей в области преподавания иностранного языка, интегрированного в общий образовательный процесс в вузе.

Несомненно, классическая пятибалльная система оценки знаний студентов в условиях компетентного подхода требует усовершенствования. Многие аргументы сторонников БРС [1; 3; 4; 5; 6] являются обоснованными, но, в то же время, критики данной системы [2] и сами разработчики данной системы приводят убедительные контраргументы.

Аргумент	Контраргумент
<p>БРС повышает мотивацию [1; 3; 4]</p> <p>БРС стимулирует к регулярной самостоятельной работе [1,3]</p>	<p>«Преподаватель должен понимать, что большинство студентов никаких «индивидуальных образовательных траекторий» в действительности строить не будут и рейтинговой системой всерьез заинтересуются только ближе к концу семестра». [2]</p> <p>Существует «риск смещения ценностных приоритетов студентов с освоения компетенций на проявление интереса к набору определенного количества баллов как самоцели.» [3, стр.4]</p> <p>БРС не применима для «так называемых неорганизованных студентов, отличающиеся низким уровнем учебной дисциплины, часто пропускающих занятия, не выполняющих вовремя задания». [3, стр. 4].</p>
<p>Балльно-рейтинговая система упрощает работу преподавателя, поскольку он получает возможность не проводить «полноценные экзамены и зачеты», а рейтинговые задания могут использоваться из года в год.</p>	<p>«Значительное увеличение нагрузки на профессорско-преподавательский состав, связанное с дополнительными работами в рамках БРС (проведение контрольных опросов, проверка письменных работ), отсутствие компьютера на рабочем месте преподавателя для оперативного подсчета баллов также можно рассматривать как определенные организационные проблемы, затрудняющие внедрение БРС» [6, стр. 83]</p> <p>В отличие от большинства других дисциплин, в которых объектами контроля выступает «владение фактологической информацией», особенностью преподавания иностранного языка является контроль владения видами речевой деятельности, что по справедливому мнению исследователей [6] требует разработки дополнительных критериев оценки и, следовательно, еще более усложняет деятельность преподавателя.</p> <p>«Полноценная и эффективная рейтинговая система разрабатывается минимум за три-четыре года, а коррективы в нее приходится вносить ежегодно». [2].</p>

Как видно из приведенных аргументов и контраргументов, в отличие от студентов, большинство из которых положительно отзываются о БРС, обосновывая это тем, что она позволяет освободиться от экзаменов и зачетов, одни и те же авторы отмечают как положительные, так и отрицательные стороны рассматриваемой системы оценки. Особенный энтузиазм эта система вызывает у более слабых студентов, которые не только «автоматически» получают зачет или освобождаются от экзамена, но и, как показывает опыт, нередко получают более высокую оценку, чем они получили бы на традиционном экзамене. Об этом свидетельствует наш собственный опыт использования БРС, а также пишут некоторые исследователи [1], которые отмечают, что часть студентов смогла повысить свой рейтинг после подсчета полученных баллов. Причина кроется в некоторой формализованности данного способа оценки, в сложности учета всех аспектов каждой дисциплины, особенно иностранного языка. Технологические и другие карты оценки успешности овладения студентами всеми видами иноязычной речевой деятельности требуют от преподавателя многочисленных расчетов, подсчета процентов выполнения обучаемыми различных заданий, посещаемости и т.д., которые занимают слишком много времени у преподавателя, отвлекая его от творческой работы.

Основные недостатки БРС, лежат, по мнению исследователей, в организационном плане, а именно: в недостаточной разработке критериев оценки знаний и компетенций студентов по отдельным дисциплинам, в сложности и громоздкости самой системы подсчета [1,2,3,4,6], в отсутствии стандартизированного подхода к системе в рамках «отдельной кафедры или целого вуза» [6]. Если первое утверждение является обоснованным, то второе, по нашему мнению, вызывает сомнения. Не может быть одинаковых критериев оценки компетенций, например, по естественнонаучным дисциплинам и по иностранному языку.

Подводя итоги сказанного можно сказать, что, несмотря на несомненный прогрессивный характер БРС, данный подход еще далек от совершенства и не обеспечивает автоматического повышения качества обучения и объективности его оценки. Несомненно, что только сочетание традиционной пятибалльной системы и БРС при обязательной индивидуализации последней в зависимости от преподаваемой дисциплины и авторского подхода к обучению со стороны преподавателя создаст благоприятные условия для объективной оценки сформированности компетенций студентов.

### Список литературы

1. Зенкина В.Г. Бально-рейтинговая система оценки знаний как эффективная мотивация студентов к успешному обучению / В.Г. Зенкина, А.А. Агибалова. – ГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. №4(часть), 2016. – С. 818-821.

2. Пономарев М.В. 10 мифов о бально-рейтинговой системе / М.В. Пономарев [Электронный ресурс]. – 2020. URL:<http://mpgu.su/obrazovanie/ballno-reytingovaya-sistema/10-mifov/>

3. Домаренко Е.В. Реализация балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов в российских вузах: состояние, проблемы, перспективы / Е.В. Домаренко, А.Ю. Домбровская. – Конце пт. № 11 (ноябрь – 2013. - (ноябрь). – С.1-7.

4. Айтуганова Ж.И.-Балльно-рейтинговая система оценки знаний как средство повышения качества образования в ВУЗЕ / Ж.И. Айтуганова, А.Т. Галиахметова, Е.В. Артамонова. – Профессиональное образование в России и за рубежом. – 3 (19) 2015. – С. 74-78.

5. Солоненко В.А. Балльно-рейтинговая система контроля знаний студентов по иностранному языку / В.А. Солоненко. – Вестник Брянского государственного университета, 2008. – С. 76-81.

<https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-bryanskogo-gosudarstvennogo-universiteta>

6. Бурцева Э.В. Опыт и проблемы применения системы балльно-рейтингового контроля в обучении иностранному языку студентов неязыковых факультетов / Э.В. Бурцева, О.А. Чепак. – Вестник Бурятского государственного университета №15, 2014. – С.79-85.

## **ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ВАЖНЫЙ КОМПОНЕНТ В ТЕСТИРОВАНИИ СТУДЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКОЛОГИЯ»)**

Э.М. Зайнутдинова, Г.Г. Ягафарова, А.Х. Сафаров  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа

***Аннотация.** Рассмотрены элементы проблемного обучения в тестировании студентов. Установлено, что наиболее оптимальным направлением совершенствования качества обучения студентов путем применения тестового контроля знаний является использование элементов проблемного обучения.*

В настоящее время в условиях реформирования системы высшего образования большое внимание уделяется повышению качества образования [1,2,6]. Качество образования отражает уровень сформированности общетеоретических знаний, практических умений и навыков выпускников; уровень интеллектуального развития, нравственных качеств личности. С этой точки зрения перспективным направлением повышения качества образования в высшей школе является усиление роли проблемного обучения [3-5].

С другой стороны, качество образования неразрывно связано с объективным контролем качества усвоения обучающимися учебного материала. В связи с этим цель исследования состояла в совершенствовании качества обучения путем применения тестового контроля знаний, включающего элементы проблемного обучения.



Основой целесообразной деятельности студента является усвоение соответствующей информации. Для контроля знаний, умений и навыков студентов в литературе рассматривается уровневый системный подход. Авторы придерживаются системы оценивания, предложенной В.Л. Симоновым. За основу контроля эффективности образовательного процесса В.Л. Симонов взял пять последовательных показателей, широко известных в педагогике и психологии, составляющих идеальную модель обученности любого человека. 1 уровень-различение; 2 уровень-запоминание; 3 уровень-понимание; 4 уровень-элементарные умения и навыки; 5 уровень-перенос (творческий).

Для реализации обученности студентов на творческом уровне необходимо включение в тесты проблемных заданий. С этой точки зрения представляет интерес рассмотрение методических пособий, содержащих тесты по экологии, с целью выявления в них потенциала проблемного подхода. В большинстве проанализированных тестов наибольший процент составляют задания на запоминания и элементарные знания и умения. Задания проблемного характера (творческого уровня) во всех тестах имеют наименьший процент (2-10 %). Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время проблемным заданиям в тестах не уделяется должного внимания.

Для выявления оптимального количества проблемных заданий в тесте были проведены 3 контрольные тестовые работы по дисциплине «Экология». Контрольные тестовые работы проводились по следующим рубежным разделам: «Общая экология», «Антропогенные воздействия на биосферу», «Пути и методы сохранения современной биосферы». Исследование проводилось на трех группах студентов с одинаковыми начальными параметрами: БМС-18 (Г1), БММ-18 (Г2), БСНп (Г3). В первой контрольной тестовой работе содержание проблемных заданий составляло 20 %, во второй – 40 %, в третьей – 60 %. В результате экспериментальной работы во всех трех группах студентов показано что, наименьшие показатели средней групповой оценки выявлены при количестве в тесте проблемных заданий 60 % – в группе БММ-18 – 27 %, в группе БМС-18 – 22 %, в группе БСНп – 25 %. При количестве в тесте проблемных заданий 20 % были получены следующие показатели средней групповой оценки: в группе БММ-18 – 48 %, в группе БМС-18 – 39 %, в группе БСНп – 44 %. Наибольшие показатели средней групповой оценки выявлены при количестве в тесте проблемных заданий 40 % – 82 % в группе БММ-18, 77 % в группе БМС-18, 80 % в группе БСНп. Таким образом, на основе полученных данных можно сделать вывод о том, что для повышения качества обучения оптимальное количество проблемных задач в тесте должно составлять 40 %. Показано, что положительными чертами тестовой формы контроля знаний являются незначительные затраты времени на измерения в больших группах; незначительный уровень влияния субъективных факторов во время измерений; легкость обеспечения продолжительного сохранения результатов и автоматизации их обработки.

### Список литературы

1. Давыдова Л.Н. Различные подходы к определению качества образования / Л.Н. Давыдова // *Качество. Инновации. Образование.* – 2005. – № 2. – С. 11-16.
2. Кириллина Ю. Качество образования как комплексная проблема // *Высшее образование / Ю.Кириллина.* – 2006. – № 10. – С. 45-47.
3. Кудрявцев В.Т. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы / В.Т. Кудрявцев. – М.: Знание, 1991. – 80 с.
4. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении / А.М. Матюшкин. – М.: Директ-Медиа, 2008. – 392 с.
5. Махмутов М.И. Организация проблемного обучения / М.И. Махмутов. – М. Педагогика, 1997. – 240 с.
6. Селезнева Н.А. Качество высшего образования как объект системного исследования / Н.А. Селезнева. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2002. – 95 с.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА ЭКОЛОГОВ ВО ВЛАДИВОСТОКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА

С.Б. Ярусова<sup>1,2</sup>, Н.В. Иваненко<sup>1</sup>, Л.В. Якименко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,  
г. Владивосток

<sup>2</sup> Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
г. Владивосток

***Аннотация.** На примере Владивостокского государственного университета экономики и сервиса рассмотрены некоторые аспекты подготовки специалистов экологического профиля в условиях реализации практико-интегрированного обучения.*

Кафедра экологии и природопользования (в настоящее время – кафедра туризма и экологии) Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС) в течение 20-ти лет ведет подготовку экологов. В настоящее время реализуются программы бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки «Экология и природопользование».

Специфика подготовки экологов кафедры определяется требованиями ФГОС ВПО и работодателей. В связи с этим, с 2013 г. во ВГУЭС реализуется практико-интегрированная система обучения (ПИО) для студентов. Суть данной модели подготовки специалистов заключается в том, что студент 4-го курса проводит 6-7 месяцев на предприятии или в научно-исследовательской организации, где он может совершенствовать и расширять знания, полученные в вузе, приобретать конкретные практические навыки. По результатам стажировки готовится и защищается выпускная квалификационная работа [1].

Практико-интегрированное обучение оказалось очень эффективной системой: работа в реальных условиях позволяет студентам получить целый ряд практических навыков, востребованных современной наукой и производством. Много лет партнерами кафедры являются крупные предприятия края, научно-исследовательские организации, органы государственной власти. Совместно с организациями-партнерами был реализован целый ряд мероприятий и проектов, способствующих качественной подготовке экологов (программа «Приглашенный спикер»; создание базовой кафедры экологии и экологических проблем химической технологии; Школа экологического мониторинга, в настоящее время – Академия экологии) [2, 3].

В 2018 г. по инициативе Росприроднадзора РФ и Общественного народного фронта РФ была создана Школа общественного экологического инспектора (ОЭИ), которая подразумевала проведение ряда бесплатных вебинаров, направленных на формирование у граждан навыков эффективного решения экологических проблем своего региона. Удобной целевой группой для первоначальной подготовки ОЭИ оказались студенты-экологи ВГУЭС. Появился положительный опыт надпрофессиональной подготовки. Надпрофессиональная подготовка в дальнейшем позволит выйти на обучение не только студентов, но и широких слоев населения, заинтересованных в охране природы и окружающей среды.

В 2017 г. произошло объединение кафедры экологии и природопользования и кафедры туризма. Такое объединение расширило спектр подготовки экологов. Новым, востребованным на рынке труда направлением подготовки студентов является экологический туризм. По этому направлению развиты партнерские отношения ВГУЭС с ООПТ Приморского и Хабаровского краев, Амурской области. Партнеры кафедры – национальные парки «Земля Леопарда» и «Бикин», заповедники «Кедровая Падь», «Норский», «Буреинский». По научной тематике ООПТ успешно защищены бакалаврские работы и магистерские диссертации.

Таким образом, достигнутый положительный опыт ВГУЭС в области экологического образования свидетельствует о том, что систему практико-интегрированного обучения необходимо расширять и развивать. При этом создание базовой кафедры, проекты «Академия экологии», «Школа общественного экологического инспектора» и ряд других являются весьма эффективными формами развития практико-интегрированного обучения в области экологии. Разноплановая подготовка студентов-экологов во ВГУЭС, широкая база такой подготовки позволяет выпускать востребованных специалистов для различных отраслей производства и науки.

### **Список литературы**

- 1. Мартыненко О.О. Методический подход к оценке компетенций выпускников / О.О. Мартыненко, З.В. Якимова, В.И. Николаева // Высшее образование в России. – 2015. – № 12. – С. 35-45.*
- 2. Ярусова С.Б. Роль базовых кафедр вуза в решении кадровых проблем / С.Б. Ярусова, Н.Б. Бабусова, Н.В. Иваненко, А.А. Нарбутович // Сборник*

материалов и докладов V Всероссийской научно-практической конференции по экологическому образованию, г. Москва, 20-21 ноября 2017 г. Т.2. – М.: Фонд имени В.И. Вернадского, 2018. – С. 1100-1107.

3. Ярусова С.Б. Базовая кафедра как инструмент реализации практико-интегрированного обучения в современном университете / С.Б. Ярусова, И.Ю. Буравлев, Н.В. Иваненко // Глава 3.7 в монографии «Высшая школа: традиции и инновации. Актуальные вопросы и задачи системы образования РФ: монография» / кол. авторов; под ред. Е.В. Ляпуновой, Ю.М. Белозеровой, И.И. Дроздовой. – М.: РУСАЙНС, 2019. – 296 с.

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

### РОЛЬ КАТАЛИЗАТОРА И ДОНОРА ВОДОРОДА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

А.А. Зурнина, И.С. Докучаев, П.С. Солманов, Н.М. Максимов,  
Ю.В. Еремина, Е.О. Жилкина, А.А. Пимерзин

Самарский государственный технический университет,  
г. Самара

***Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследования каталитических свойств катализатора на основе природных материалов КМК-5. Проведены исследования каталитической активности образца КМК-5 в условиях крекинга модельных соединений: «додекан-толуол» и «додекан – изопропилбензол – толуол». Определен состав полученных продуктов, предложены схемы превращений исходных соединений в конечные продукты, сделаны выводы относительно роли донора водорода и катализатора в исследуемой реакции.*

По данным Управления энергетической информации Соединенных Штатов Америки (EIA), к 2030 году общий спрос на нефть в мире вырастет до 117 млн баррелей в сутки [1]. В то же время сокращение запасов традиционных легких нефтей все больше подталкивает нефтяную промышленность к переработке более тяжелых нефтей и остатков, что свидетельствует об актуальности данного направления исследований [2].

Одним из перспективных направлений переработки нефтяных остатков являются термокаталитические процессы, в особенности процессы с использованием катализаторов на основе природных материалов, которые имеют широкую сырьевую базу и являются достаточно дешевыми. В данной работе в качестве катализатора был использован катализатор КМК-5, приготовленный на основе природного материала. Катализатор содержит железо в количестве 19 %мас., а также оксиды металлов переменной валентности.

В качестве модельных соединений использовались следующие углеводороды: додекан (х.ч.), толуол(х.ч.), изопрропилбензол(х.ч.). В двойных системах первым указан исследуемый реактант, его концентрация составляла 1 % мас., вторым – растворитель. Схемы химических превращений составлены с учетом реакций как исследуемого реактанта, так и растворителя.

Испытания проводились на установке с микропроточным реактором под атмосферным давлением при температуре  $500 \pm 1$  °С. В реактор загружали катализатор в количестве 4,0 см<sup>3</sup>. Схема установки показана на рис. 1. Отобранные пробы катализаторов анализировали методом газо-жидкостной хроматографии. Идентификация продуктов реакционных смесей была проведена методом ГХ-МС. Параметры процесса приведены в табл. 1, результаты – в табл. 2.

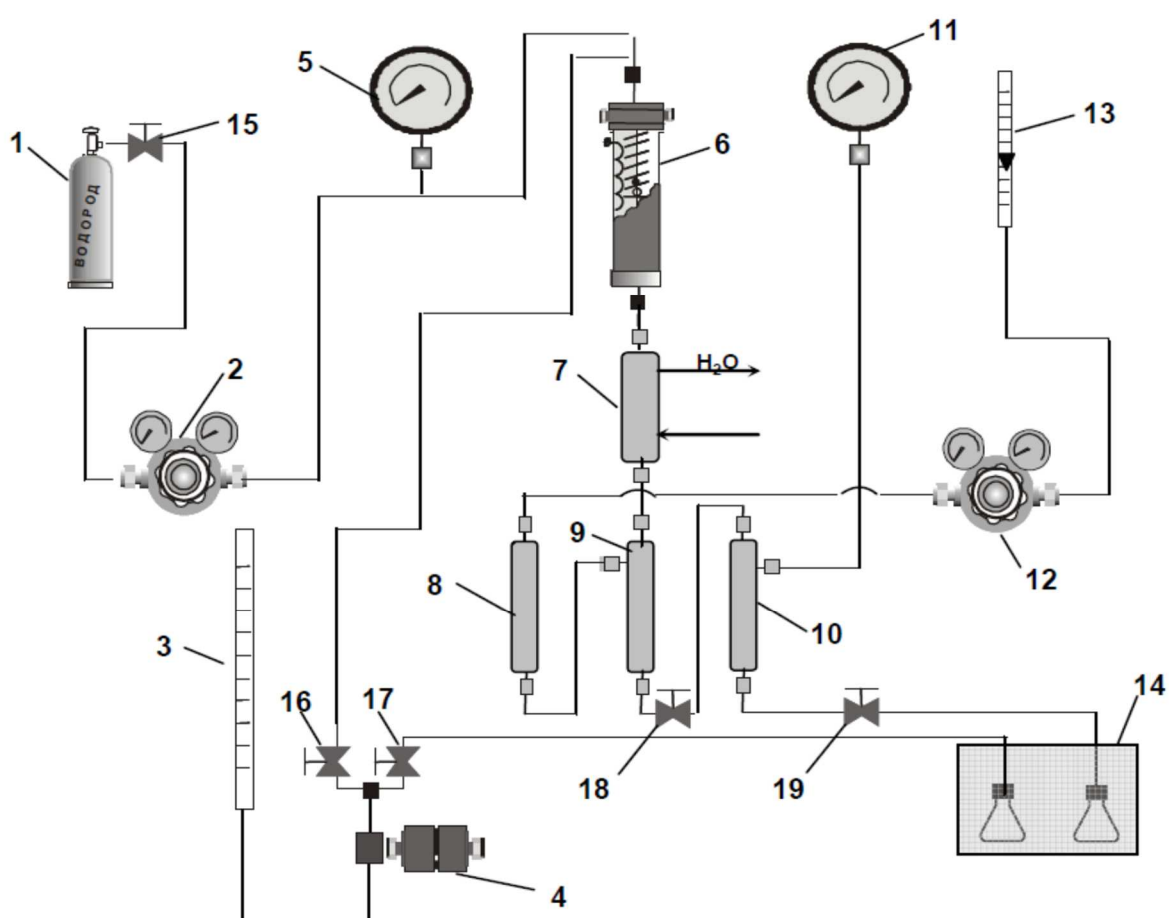


Рис. 1. Схема микропроточной установки

- 1 – баллон с водородом; 2 – редуктор (после себя); 3 – бюретка с сырьем; 4 – насос;  
 5, 11 – манометры; 6 – реактор; 7 – водяной холодильник; 8 – фильтр;  
 9, 10 – сепараторы; 12 – редуктор (до себя); 13 – ротаметр; 14 – пробоприемник;  
 15 – вентиль (вход водорода); 16 – вентиль (подача сырья);  
 17 – вентиль (промывка насоса); 18 – вентиль (выгрузка из сепаратора 9);  
 19 – вентиль (выгрузка из сепаратора 10)

Таблица 1

Условия проведения экспериментов по изучению каталитической активности образца КМК-5

№	Катализатор	Модельное сырье	Параметры эксперимента	
			t, °С	ОСПС, ч <sup>-1</sup>
1	КМК – 5	Додекан-толуол	500	2
4	КМК – 5	Додекан-изопропилбензол-толуол	500	2

Таблица 2

Состав продуктовой смеси эксперимента № 1, % мас.

Продукты	Додекан-изопропилбензол-толуол	Додекан-толуол
продукты крекинга C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	0,12	0,13
продукты крекинга C <sub>7</sub> -C <sub>11</sub>	-	0,18
кумол	0,27	-
α-метилстирол	0,70	-
додекан	0,18	0,30
олефиновые и ароматические производные C <sub>12</sub>	0,11	0,20

Для превращений системы «додекан-толуол» на катализаторе КМК-5 наиболее выраженными были реакции крекинга с образованием всего спектра парафиновых и олефиновых продуктов (C<sub>3</sub>-C<sub>11</sub>), увеличение количества ароматических производных, что обусловлено использованием в качестве растворителя толуола. В продуктах реакции обнаружен додецен, что подтверждает возможность реакций прямого гидрирования-дегидрирования соединений. Нафтеновые углеводороды, за исключением нафтенароматических гибридных соединений в составе продуктов реакции не обнаружены.

На основании анализа продуктов реакции и схем превращения исходных соединений, для превращений системы «додекан-изопропилбензол-толуол» на катализаторе КМК-5 характерны следующие классы реакций:

- реакции крекинга, в том числе крекинг парафинов;
- реакции dealкилирования;
- реакции гидрирования-дегидрирования нафтенов;
- реакции межмолекулярного переноса водорода;
- реакции алкилирования, трансалкилирования и диспропорционирования;
- реакции изомеризации заместителя в ароматическом кольце. Данный тип реакций возможен, однако состав изомеров отличается от термодинамически равновесного;
- алкилирование по радикальному механизму. В продуктах реакции обнаружен пропилбензол. Образование данного продукта возможно либо при

алкилировании по радикальному механизму, либо при изомеризации изопропилбензола.

- конденсации с образованием цепи. Данный тип реакций при глубоком протекании способен приводить к формированию кокса;

- реакции циклизации по боковому заместителю ароматического углеводорода;

- реакции конденсации с образованием цикла. Данные реакции могут реализовываться как по радикальному механизму (механизм Левинтера-Панченкова), так и по ионному механизму. Данный тип реакций при глубоком протекании способен приводить к формированию кокса;

- реакции конденсации с образованием цепи. Данный тип реакций при глубоком протекании способен приводить к формированию кокса.

Для превращений системы «додекан-изопропилбензол-толуол» на катализаторе КМК-5 наиболее выраженными были реакции крекинга с образованием ограниченного числа парафиновых и олефиновых продуктов (C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>) и существенное снижение доли реакций дегидрирования с образованием бензола и рост доли реакций дегидрирования с образованием α-метилстирола и 1-этил-2-метилбензола, увеличение количества ароматических производных, что обусловлено использованием в качестве растворителя толуола. В продуктах реакции обнаружен додецен, что подтверждает возможность реакций прямого гидрирования-дегидрирования соединений. Нафтеносодержащие углеводороды, за исключением нафтенно-ароматических гибридных соединений в составе продуктов реакции не обнаружены.

В системе «додекан-толуол» отсутствует донор водорода и крекинг не подавляется. В системе «додекан-изопропилбензол-толуол» крекинг подавляется, так как изопропилбензол является донором водорода, а скорость дегидрирования изопропилбензола выше, чем скорость крекинга додекана

Таким образом, можно сделать вывод о том, что катализатор КМК-5 способствует в основном реакциям переноса водорода. Крекинг же в присутствии доноров водорода на данном катализаторе подавляется.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы корпоративных грантов преподавателям ПАО «НК «Роснефть». Тема гранта: «Исследование возможности получения высококачественных моторных и судовых топлив в процессе глубокой переработки вакуумных нефтяных фракций с использованием оригинальных каталитических дисперсных систем»*

### Список литературы

1. Conti J.J., Holtberg P.D., Beamon J.A., Schaal A.M., Sweetnam G.E., Kydes A.S., *Annual Energy Outlook 2007 with projection to 2030, 20585, The United States Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington, DC, 2007, p. 234.*

2. Dehkissia S., Larachi F., Chornet E. *Catalytic (Mo) upgrading of Athabasca bitumen vacuum bottoms via two-step hydrocracking and enhancement of Mo-heavy oil interaction. Fuel (2004) – 83. – P. 1323-1331.*

# ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ АЛИФАТИЧЕСКОГО ДОНОРА ВОДОРОДА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

А.А. Зурнина, И.С. Докучаев, П.С. Солманов, Н.М. Максимов,  
Ю.В. Еремина, Е.О. Жилкина, А.А. Пимерзин

Самарский государственный технический университет  
г. Самара

***Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследования каталитических свойств катализатора на основе природных материалов КМК-5. Проведены исследования каталитической активности образца КМК-5 в условиях крекинга модельных соединений: «додекан-толуол» и «декалин – толуол». Определен состав полученных продуктов, предложены схемы превращений исходных соединений в конечные продукты.*

В связи с сокращением запасов традиционных легких нефтей нефтяная промышленность постепенно переходит к переработке более тяжелых нефтей и нефтяных остатков [1]. По прогнозам, к 2030 году общий спрос на нефть и нефтепродукты в мире вырастет до 117 млн баррелей в сутки [2]. В то же время, по прогнозам организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК), к 2030 году производство нефтепродуктов составит примерно 46 млн баррелей в сутки, что составляет менее половины спроса. Таким образом, все больше возрастает актуальность проблемы переработки тяжелого нефтяного сырья

На сегодняшний день разработан ряд технологий для переработки тяжелых нефтей и нефтяных вакуумных остатков. Одним из перспективных направлений их переработки являются термокаталитические процессы, в которых используются катализаторы на основе природных материалов, имеющие широкую сырьевую базу и являющиеся достаточно дешевыми, что позволяет в ряде случаев отказаться от их регенерации. В данной работе в качестве катализатора был использован катализатор КМК-5, приготовленный на основе природного материала. Катализатор содержит железо в количестве 19 %мас., а также оксиды металлов переменной валентности.

В качестве модельных соединений использовались следующие углеводороды: додекан (х.ч.), декалин (х.ч.), толуол (х.ч.). В двойных системах первым указан исследуемый реактант, его концентрация составляла 1 % мас., вторым – растворитель. Схемы химических превращений составлены с учетом реакций как исследуемого реактанта, так и растворителя.

Испытания проводились на установке с микропроточным реактором под атмосферным давлением при температуре  $500 \pm 1$  °С. В реактор загружали катализатор в количестве 4,0 см<sup>3</sup>. Схема установки показана на рис. 1. Отобранные пробы катализаторов анализировали методом газо-жидкостной хроматографии. Идентификация продуктов реакционных смесей была проведена методом ГХ-МС. Параметры процесса приведены в табл. 1, результаты – в табл. 2.



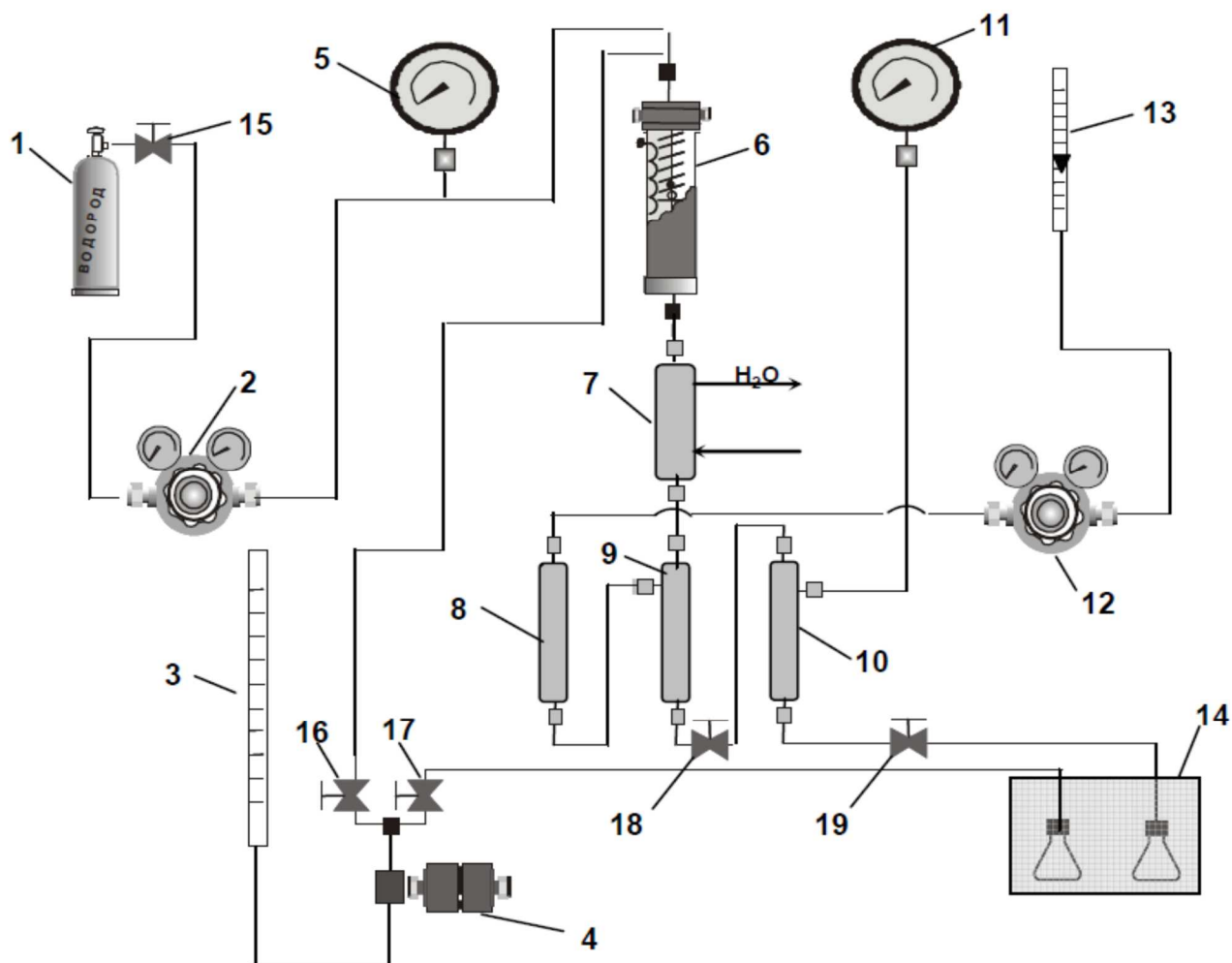


Рис. 1. Схема микропроточной установки

1 – баллон с водородом; 2 – редуктор (после себя); 3 – бюретка с сырьем; 4 – насос;  
 5, 11 – манометры; 6 – реактор; 7 – водяной холодильник; 8 – фильтр; 9, 10 – сепараторы;  
 12 – редуктор (до себя); 13 – ротаметр; 14 – пробоприемник; 15 – вентиль (вход водорода);  
 16 – вентиль (подача сырья); 17 – вентиль (промывка насоса); 18 – вентиль (выгрузка из сепаратора  
 9); 19 – вентиль (выгрузка из сепаратора 10)

Таблица 1

Условия проведения экспериментов по изучению каталитической активности образца КМК-5

№	Катализатор	Модельное сырье	Параметры эксперимента	
			t, °C	ОСПС, ч <sup>-1</sup>
1	КМК – 5	Додекан-толуол	500	2
4	КМК – 5	Декалин-толуол	500	2

Таблица 2

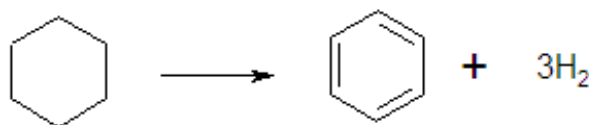
Состав продуктовой смеси крекинга системы «додекан-толуол» и «декалин-толуол» на катализаторе КМК-5, % масс.

Продукты	«Додекан-толуол»	Продукты	«Декалин-толуол»
продукты крекинга C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	0,13	Толуол + бензол	98,91
продукты крекинга C <sub>7</sub> -C <sub>11</sub>	0,18	Декалин	0,64
кумол	-	Дигидронафталин + тетрагидронафталин	0,04
α-метилстирол	-	Нафталин	0,24
додекан	0,30	Прочие продукты	0,17
олефиновые и ароматические производные C <sub>12</sub>	0,20	-	-

На основании анализа продуктов реакции и схем превращения исходных соединений, для превращений системы «додекан-толуол» на катализаторе КМК-5 наиболее выраженными были реакции крекинга с образованием всего спектра парафиновых и олефиновых продуктов (C<sub>3</sub>-C<sub>11</sub>):



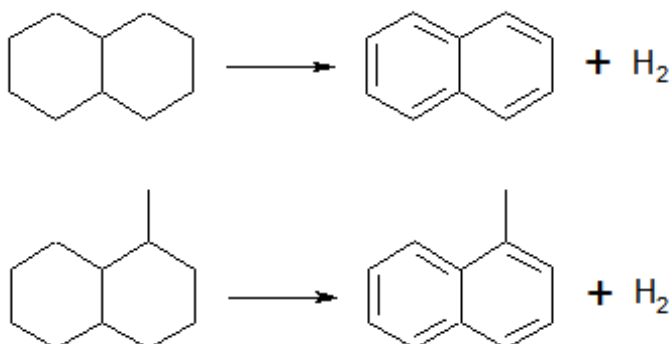
и увеличение количества ароматических производных, что обусловлено использованием в качестве растворителя толуола:



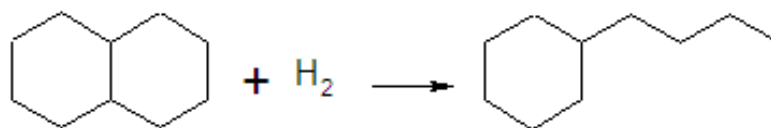
В продуктах реакции обнаружен додецен, что подтверждает возможность реакций прямого гидрирования-дегидрирования соединений. Нафтеновые углеводороды, за исключением нафтено-ароматических гибридных соединений в составе продуктов реакции не обнаружены.



Для превращений системы «декалин-толуол» на катализаторе КМК-5 наиболее выраженными были реакции дегидрирования с образованием нафталина и его производных (частично гидрированных и алкилзамещенных):



реакции крекинга протекали с раскрытием цикла исходного декалина и дальнейшим деалкилированием полученных соединений:



В системе «додекан-толуол» отсутствует донор водорода и крекинг не подавляется. В системе «декалин-толуол» крекинг подавляется, так как декалин является донором водорода, а скорость дегидрирования декалина выше, чем скорость крекинга додекана.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что катализатор КМК-5 способствует в основном реакциям переноса водорода. Крекинг в присутствии доноров водорода на данном катализаторе подавляется. Легкость дегидрирования донора водорода определяет интенсивность подавления реакций крекинга.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы корпоративных грантов преподавателям ПАО «НК «Роснефть». Тема гранта: «Исследование возможности получения высококачественных моторных и судовых топлив в процессе глубокой переработки вакуумных нефтяных фракций с использованием оригинальных каталитических дисперсных систем»*

### Список литературы

1. Dehkissia S., Larachi F., Chornet E. Catalytic (Mo) upgrading of Athabasca bitumen vacuum bottoms via two-step hydrocracking and enhancement of Mo-heavy oil interaction. *Fuel* (2004) – 83. – P. 1323-1331.
2. Conti J.J., Holtberg P.D., Beamon J.A., Schaal A.M., Sweetnam G.E., Kydes A.S., *Annual Energy Outlook 2007 with projection to 2030, 20585, The United States Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington, DC, 2007. – P. 234.*

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ОКСИДА ЭТИЛЕНА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПИНЧ-АНАЛИЗА

А.С. Булкина

Российских химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,  
г. Москва

**Аннотация.** *Изложены результаты применения метода Пинч-анализа и определен потенциал энергосбережения для разработки проекта реконструкции теплообменной системы производства оксида этилена. На основе обработки данных о технологических потоках действующего производства построены кривые экономического компромисса между инвестициями в реконструкцию и стоимостью энергии. Определена оптимальная минимальная разность температур между горячими и холодными потоками. Построены составные кривые для реконструируемой и оптимальной системы теплообмена. Рассчитано повышение степени рекуперации теплоты (52 %) и определен потенциал энергосбережения при реконструкции производства: при оптимизации системы теплообмена использование внешних энергоносителей сократится в 8,7 раза что составит 11705 тыс. \$/год.*

**Введение.** Высокая степень энергоэффективности производств снижает общие эксплуатационные затраты, повышает конкурентоспособность предприятий [1], [2] и снижает их вредное воздействие на окружающую среду [3], так как стоимость энергии составляет порядка 50 % общих эксплуатационных затрат нефтехимических предприятий.

Производство оксида этилена и продуктов на его основе является важнейшей составляющей нефтехимической промышленности страны. В настоящее время производство этилена переживает подъем и продолжает развиваться на высоком уровне [4]. Производственные мощности увеличиваются на 3 % ежегодно.

Одним из приоритетных методов повышения энергоэффективности предприятий является метод Пинч-анализа состоящий в оптимизации теплообменных систем с целью увеличения рекуперации тепловой энергии и уменьшения потребления внешних энергоносителей [3].

При подготовке статьи [5] мной была проведена обработка данных о технологических потоках производства оксида этилена и определена величина рекуперации тепловой энергии существующей системы теплообмена производства (41509,54 кВт).

Используя данные потоковой таблицы [5], на температурно-энтальпийной диаграмме (Рис. 1) в программе HINT построены составные кривые системы горячих и холодных технологических потоков. Они размещены таким образом, чтобы интервал перекрытия между ними соответствовал величине рекуперации теплоты 41,509 МВт, рассчитанной в [5]. Горячие утилиты отображены на

диаграмме величиной  $Q_{Hmin} \sim 60$  МВт, а холодные утилиты, изображенные на диаграмме составных кривых, равны  $Q_{Cmin} \sim 82$  МВт.

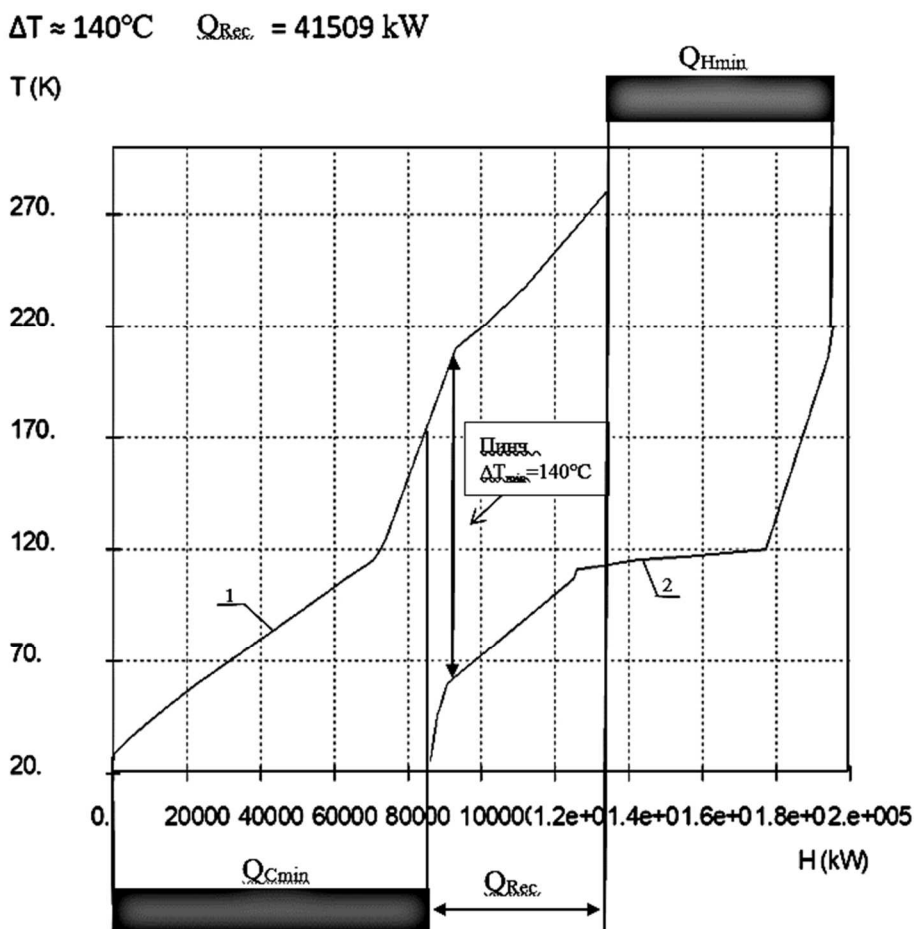


Рис. 1. Температурно-энтальпийная диаграмма составных тепловых кривых системы горячих и холодных технологических потоков действующего производства

Наименьшее расстояние между кривыми по температурной оси – это область Пинча, где разница температур между горячими-1 и холодными-2 потоками наименьшая (Рис. 1). На действующей установке Пинч локализуется на температурах:  $T_{гор} = 117$  °С и  $T_{хол} = 111$  °С. Разность температур в области Пинча равна  $\Delta T_{min} = 140$  °С.

Для определения оптимальной минимальной разности температур между горячими и холодными потоками после реконструкции на основе базового закона стоимости (1) и данных о стоимости энергии в программе Pinch построены стоимостные кривые, позволяющие определить оптимальное значение минимальной разности температур, учитывая компромисс между инвестициями и стоимостью энергии (Рис. 2). Оптимальная минимальная разность температур составила  $6^\circ\text{C}$ .

$$КЗ = a + b \cdot A^c, \quad (1)$$

где: КЗ – капитальные затраты;  $a$  – стоимость установки теплообменника;  $b$  – эквивалент стоимости  $1\text{m}^2$  поверхности теплообмена;  $c$  – нелинейная зависимость стоимости теплообменника от площади поверхности теплообмена

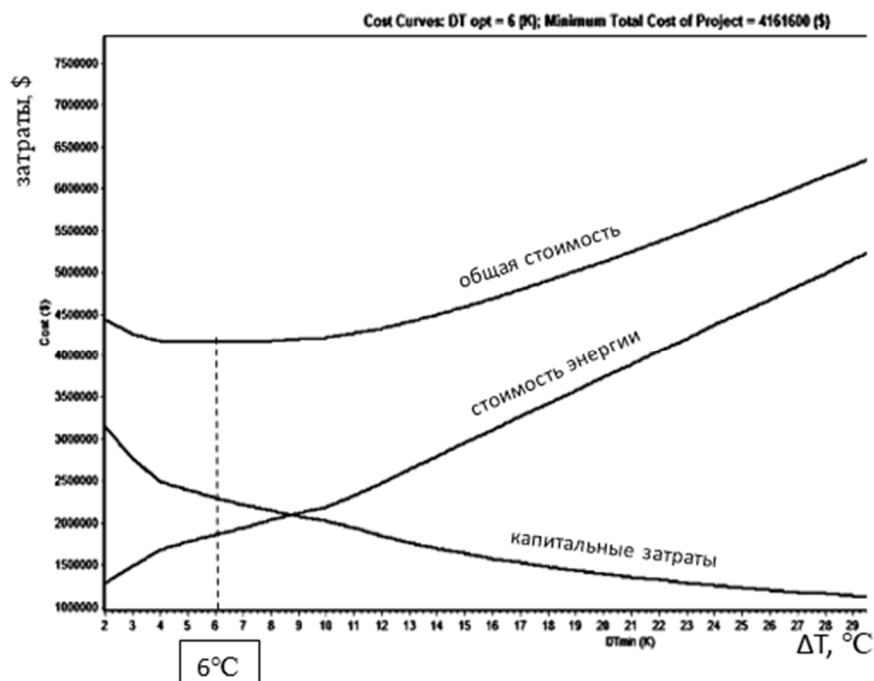


Рис. 2. Экономический компромисс между стоимостью энергии и капитальными затратами на теплообменное оборудование

Затем в программе HINT на температурно-энтальпийной диаграмме составные кривые были сдвинуты по энтальпийной оси таким образом, чтобы минимальная разность температур между горячей и холодной составной кривой составляла оптимальное значение  $6^{\circ}\text{C}$  (Рис. 3). Величина рекуперации тепловой энергии в случае реконструкции производства увеличится до 100 МВт, использование холодных энергоносителей сократится до 35 МВт, а горячих – до 5 МВт.

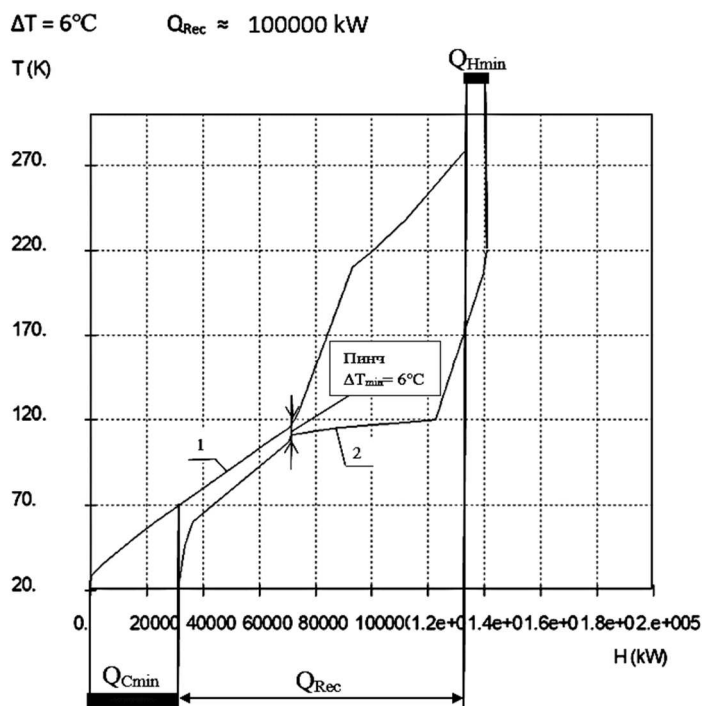


Рис. 3. Температурно-энтальпийная диаграмма составных тепловых кривых системы горячих и холодных технологических потоков для оптимальной системы

Степень рекуперации тепловой энергии определена как отношение величины рекуперации тепловой энергии к теплосодержанию холодной составной кривой.

До реконструкции:  $41509 \text{ кВт} / 109390 \text{ кВт} = 0,38 = 38 \%$

После реконструкции:  $100\,000 \text{ кВт} / 109390 = 0,9 = 90 \%$

Таким образом, в результате реконструкции теплообменной системы степень рекуперации тепловой энергии увеличится на 52 %.

В таблице представлен расчет потенциала энергосбережения при реконструкции теплообменной системы производства.

Расчет потенциала энергосбережения при реконструкции теплообменной системы производства

	исходная система	опт. система	% увеличения/снижения	стоимость 1 кВт·год, \$	стоимость энергии в исходной системе, \$	стоимость энергии в опт. системе, \$	снижение затрат, \$	снижение затрат, %
Q Res, кВт	41509	100000	140,91					
Q Hmin, кВт	60000	5000	-91,67	200	12000000	1000000	11000000	91,67
Q Cmin, кВт	82000	35000	-57,32	15	1230000	525000	705000	57,32
Σ внешних эн.носителей, кВт	142000	40000	71,83	Σ стоимость энергии, \$	13230000	1525000	11705000	

Снижение затрат на горячие внешние энергоносители составит 11000000 \$. Снижение затрат на холодные внешние энергоносители составит 705000 \$. Суммарное снижение затрат на внешние энергоносители составит 11750000 \$.

**Вывод.** Производство оксида этилена обладает высоким потенциалом энергосбережения. В результате реконструкции теплообменной системы производства степень рекуперации тепловой энергии может быть увеличена на 52 %, что приведет к сокращению затрат на внешние энергоносители в 8,7 раза и составит 11705000 \$/год. Полученные результаты могут быть использованы для разработки проекта реконструкции оптимальной теплообменной системы производства.

*Автор выражает благодарность за ценные научно-методические консультации при подготовке статьи к печати академику РАН Мешалкину В.П. и д.т.н. Ульеву Л.М.*

### Список литературы

1. Мешалкин В.П. *Ресурсоэнергоэффективные методы энергообеспечения и минимизации отходов нефтеперерабатывающих производств: основы теории и наилучшие практические результаты* / В.П. Мешалкин. – М. – Генуя: Химия, 2009. - 393 с.

2. Мешалкин В.П. *Основы энергоресурсоэффективных экологически безопасных технологий нефтепереработки* / В.П. Мешалкин, Л.Л. Товажнянский, П. Капустенко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 616с

3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев // Харьков: НТУ «ХПИ». – 2000. – 458 с.

4. Жагфаров Ф.Г. Современное состояние производства оксида этилена / Ф.Г. Жагфаров, П. Гяси // Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг» (Краснодар), Сборник статей научно-практической конференции «Булатовские чтения». – 2018 г. – С. 88-90.

5. Булкина А.С. Сбор данных для Пинч-интеграции производства оксида этилена // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXXIV, № 3 (226). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020. – 96 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ**

А.А. Слободскова, Е.Э. Машников, Д.Н. Балакина, И.А. Суслов  
Рязанский государственный агротехнологический университет,  
г. Рязань

***Аннотация.** Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к освещению в животноводческих помещениях. Применение светодиодного освещения в животноводческих помещениях задача весьма перспективная. «Правильный» свет, а именно влияние красного спектра освещения выступает в роли катализатора обмена веществ у животных, улучшает энергетический обмен организма.*

В современном мире постоянно ведется работа по улучшению производительности в животноводстве, наращиванию экономической эффективности, повышению производственных показателей продукции: надоев, привесов и длительному сохранению продуктивности животных. Работы по повышению производительности скота ведутся постоянно, но их эффективность будет крайне мала, если не обеспечить соответствующую поддержку современным освещением на ферме.

Не редко на предприятиях агропромышленного комплекса применяются неэффективные источники света, а выбор светильников по светотехническим характеристикам и их размещению не всегда обоснован. Встречаются случаи, когда рекомендованные проектом источники света и светильники при монтаже заменяются другими, менее экономичными. На предприятиях сельхозназначения используются в основном ранее приобретенное оборудование и в основном это лампы накаливания. Рассматривая использование ламп накаливания и люминесцентных ламп, сразу можно сделать вывод, что и те и другие имеют ряд недостатков, такие, как низкий коэффициент полезного действия, низкий срок службы, проблемы утилизации, неравномерность освещения и т.д. [1, 7]. Наилучшими показателями в настоящее время для применения в этой области обладают светодиодные приборы.



Теоретические исследования и опыт практической эксплуатации, позволяют сделать вывод о том, что светодиодные системы, используемые в сельском хозяйстве, существенно сокращают потребление электроэнергии на освещение корпусов для птицы и животных по сравнению с лампами накаливания, а также в 1,8-2,2 раза сокращают потребление электроэнергии по сравнению с люминесцентными лампами.

Светодиодные светильники для освещения животноводческих помещений разработаны с учетом суровых условий эксплуатации: они полностью герметичны, их даже можно безбоязненно мыть из шланга, ударопрочны. Следует понимать, что уровень освещенности должен быть разным для разных областей помещения.

Равномерное распределение светового потока в нейтральном спектре способствует сохранению здоровья животных и птиц. Ведь очень важно, чтобы освещение в животноводческих помещениях было на высоком уровне.

Свет играет очень важную роль в обмене веществ животных [5]. Синий спектр обладает иммуностимулирующим, бактерицидным, обезболивающим свойствами. Зеленый свет положительно влияет на сердечно-сосудистую и вегетативную нервную системы. Красный свет повышает активность гормонов, усиливает метаболизм, нормализует сердечную деятельность, не влияет на биоритм коров [6].

Наряду с позитивным влиянием освещенности на здоровье и продуктивность животных, необходимо во всех случаях учитывать вопросы обеспечения безопасности труда обслуживающего персонала в ночное время. Для ночного освещения в коровниках можно установить специальные светильники с красными светодиодами (т.к. коровы не видят красный свет), чтобы животные могли спать, а люди – работать. Таким образом, разработка и применение новых осветительных приборов позволят снизить затраты на электроэнергию, а также повысить продуктивность животных на предприятиях АПК.

### Список литературы

1. Полякова А.А. Применение оптического излучения – перспективная энергосберегающая технология [Текст] / А.А. Полякова, А.П. Пустовалов, А.М. Алешов, М.В. Мануев // Международная научно-практическая конференция «Международные Бочкаревские чтения». – РГАТУ, 2019. – С. 185-188.

2. Полякова А.А. Определение удельной продуктивности растений от параметров установки переменного облучения [Текст] / А.А. Полякова, А.П. Пустовалов, А.М. Алешов, М.В. Мануев // Международная научно-практическая конференция «Международные Бочкаревские чтения». – РГАТУ, 2019. – С. 188-191.

3. Полякова А.А. Энергосберегающая установка для сушки перги [Текст] / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, Е.А. Соловьева // Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России». – РГАТУ, 2016. – С. 72-75.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИЗАЙНЕРА ОДЕЖДЫ, ИХ РОЛЬ И НАЗНАЧЕНИЕ

Р.В. Коваленко, А.И. Вильданова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* В статье приводятся особенности современной профессиональной деятельности дизайнера одежды, подчёркивается важность владения им информационными технологиями. В работе рассматриваются различные программные продукты и возможности их применения при создании дизайн-проектов новых моделей одежды.

Современный дизайн – это разновидность художественно-проектной деятельности, охватывающей создание разнообразных изделий и рациональное формирование целостной предметной среды. Термин «дизайн» используется сегодня для характеристики процесса художественного или художественно-технического проектирования, а также его результатов в виде проектов и готовых образцов объектов [1].

Как отмечает А.И. Черемных все области дизайнерской деятельности по характеру целей могут быть разделены на три группы: чисто технические формы деятельности, преследующие осуществление продуктом только утилитарных функций; изобразительные и орнаментально-декоративные виды творчества, преследующие осуществление продуктом только художественных функций; прикладные искусства, архитектура, дизайн предметов быта и одежды, преследующие осуществление продуктом одновременно материальных и духовных, утилитарных и художественных функций [2].

Объект дизайна – это вещь, ее основными функциями являются утилитарная и эстетическая, а дополнительными – функции, связанные с прямым назначением вещи. Одежда и ее элементы так же являются объектами дизайна. Отсюда следует, что дизайн одежды – это одно из направлений дизайн-деятельности, целью которого является создание новых моделей одежды, удовлетворяющих возникающие материальные и духовные потребности человека.

Одежда является отражением образа человека и образа его жизни. Непосредственно создавая изделия для человека в соответствии с его потребностями и вкусами, дизайнер опосредованно проектирует и самого человека, его облик, эмоции, стиль жизни и общество в целом.

Говоря о специфике деятельности современного дизайнера, нельзя не затронуть вопрос о том, что сокращение периода смены технологий производства приводит к существенному расхождению между временем подготовки профессиональных кадров и временем использования полученных

ими знаний. Основное затруднение здесь сводится к тому, что быстрее всего стареют (становятся неактуальными) знания, обеспечивающие современный уровень разработок, технологии внедрения и предложения товара, сопровождения и услуг потребителям, отраслям, корпорациям. Формирование новейших научных направлений не на много опережает внедрение связанных с ними новых технологий.

Постоянное внедрение новых гибких технологий, в том числе информационных, позволяющих решать сложные комплексные задачи, быстро реагировать на изменения социокультурной и экономической среды, требует от дизайнера не только обладания творческим воображением, эстетическим чувством, фантазией, которые характерны именно для художника, но и способностей осваивать и использовать в своей профессиональной деятельности данные технологии.

Информационные технологии позволяют интенсифицировать деятельность дизайнера и открывают для него новые возможности реализации дизайн-проекта на разных стадиях его воплощения. Наиболее распространенными программными продуктами, используемыми в дизайн-проектировании являются Adobe Photoshop, Corel Draw, 3Ds Max и специализированные САПРы.

Редактор растровой графики Adobe Photoshop и редактор векторной графики Corel Draw позволяют дизайнеру одежды создавать и редактировать изображения. С их помощью создаются фор-эскизы будущей коллекции, художественные, рабочие и технические эскизы. Они позволяют в кратчайшие сроки разрабатывать вариации проектных решений за счет изменения структурных составляющих изделий, цветового решения, использования различных эффектов визуализации. На их основе создаются дизайн листовки, коллажи, плакаты, скетчи, портфолио, рекламные продукты, лукбуки, брендбуки и т.п.

Редактор векторной графики Corel Draw (при отсутствии возможности использовать специализированные САПРы), САПРы AutoCAD и T-FLEX CAD позволяют выполнять техническое проектирование моделей: разрабатывать чертежи базовых, исходных модельных и модельных конструкций, выполнять техническое моделирование, разрабатывать лекала деталей изделия.

Редактор трехмерной графики 3Ds Max позволяет создавать и редактировать объекты в 3d пространстве, получать визуализацию 3d сцены в виде видовых кадров или 3d анимационного фильма. Так в виртуальном пространстве создаются 3D коллекции моделей одежды и их показы, с различными вариантами цвета, текстуры, фактуры материалов. Процесс прототипирования дает возможность распечатать образец на 3d принтере или изготовить на фрезерном станке. 3Ds Max позволяет внедрить объект в виртуальную среду или дополненную реальность (VR, AR технологии).

И конечно, особое место в профессиональной деятельности дизайнера занимают специализированные САПРы одежды. Для дизайнера особый интерес представляют модули двух- и трехмерного моделирования изделий. На

сегодняшний день основное направление их совершенствования это развитие 3D-модулей различного характера и назначения.

К системам, реализующим трехмерную визуализацию моделей одежды, относятся: «Optitex», «Investronica», «Gerber», «Julivi», «DressingSim», «ЛЕКО» и др. Среди возможностей этих систем – сканирование фигуры человека («DressingSim», «Lectra», «Symcad»), «одевание» разработанных плоских лекал на трехмерный манекен, подбор технических параметров материала («Gerber», «Julivi», «Optitex»), оценка посадки виртуального изделия («Gerber», «Julivi», «Optitex»), внесение изменений в виртуальный макет и соответствующая корректировка плоских лекал («Julivi»). Некоторые системы реализуют процесс трехмерного проектирования конструкции изделия с последующей разверткой, однако большинство современных информационных систем предлагает выполнение виртуальной примерки с оценкой цветового решения используемого материала [3].

Подводя итог, можно отметить, что современные информационные технологии не только позволяют дизайнеру визуализировать разрабатываемый дизайн-проект моделей одежды на разных этапах проектирования (визуальное проектирование, двух- и трехмерное моделирование, анимационные проекты), но и обеспечивают создание изделий с высокими потребительскими свойствами и эстетическими качествами, направленных на опережающую модификацию и совершенствование.

### **Список литературы**

1. Сафина Л.А. Дизайн костюма / Л.А. Сафина, Л.М. Тухбатуллина, В.В. Хамматова. – Ростов н/Д: «Феникс», 2006. – 390 с.
2. Черемных А.И. Основы художественного конструирования женской одежды / А.И. Черемных. – М.: Легкая индустрия, 1977. – 144 с.
3. Мартыненко Н.Д. Применение современных информационных технологий в дизайне одежды / Н.Д. Мартыненко, О.Г. Диев, Ю.А. Мацеевская, Ю.В. Бартенева. <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-sovremennyh-informatsionnyh-tehnologiy-v-dizayne-odezhdy>.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВАРКИ ПЛАСТМАСС**

Ю.П. Юленец, К.О. Шабанов

Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет),  
г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* Рассмотрена автоматизированная система управления процессом высокочастотной сварки пластмасс. Система позволяет поддерживать оптимальный в отношении качества сварных соединений режим сварки в условиях изменяющейся температуры электродов рабочего

конденсатора путем автоматического программного регулирования мощности внутренних источников тепла.

Главным преимуществом сварки пластмасс в электрическом поле высокой (ВЧ) частоты является возможность быстрого и локального (только в зоне свариваемого шва) нагрева соединяемых поверхностей без проплавления всего объема материала [1]. Это преимущество определяет и высокое качество сварного соединения: механическая прочность – на уровне целого материала, минимальное отклонение формы соединяемых деталей от заданной. Однако, на практике для достижения подобного результата требуется весьма трудоемкий и не всегда успешный экспериментальный подбор режимных параметров процесса, индивидуальный для каждой конструкции технологической оснастки.

Задача определения режима сварки пластмасс, обеспечивающего оптимальное по качеству сварное соединение, может быть решена теоретически – путем анализа температурного поля в материале [2-4]. В работе [4] исследовано температурное поле в материале при ВЧ-сварке пластмасс в несимметричной конструкции технологической оснастки, когда между одной из соединяемых деталей и электродом рабочего конденсатора размещен вкладыш из термостойкого диэлектрика. Определена связь режимных параметров процесса (напряжения на рабочем конденсаторе и времени сварки) с показателями качества сварных соединений. Установлено, в частности, что основным фактором, обеспечивающим высокое качество сварного соединения, является определенная глубина прогрева околошовной зоны (ОШЗ), величина которой, в свою очередь, определяется выбором режима ВЧ-нагрева. При этом на практике оптимальный режим сварки не остается постоянным из-за воздействия на объект различных возмущений. В настоящей работе рассматривается задача управления режимом ВЧ-сварки пластмасс в условиях контролируемых и неконтролируемых возмущений.

Распределение температуры в каждом слое многослойной пластины, в виде которой может быть представлена конструкция сварочной технологической оснастки (рис. 1), описывается уравнением нестационарной теплопроводности с внутренними источниками тепла:

$$\frac{\partial T_i}{\partial \tau} = \frac{\lambda_i}{c_{pi}(T_i)\rho_i} \cdot \frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2} + \frac{p_i(\tau)}{c_{pi}(T_i)\rho_i}, \quad i=2,3 \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями:

$$T = T_0 \quad \text{при} \quad \tau = 0 \quad x_1 \leq x \leq x_3, \quad (2)$$

$$T_2|_{x=x_1} = T_R, \quad T_3|_{x=x_3} = T_R, \quad (3)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x}, \quad (4)$$

где  $T$  – локальная температура;  $T_0$  – начальная температура;  $T_R$  – температура электродов рабочего конденсатора;  $x$  – текущая толщина слоя;  $x_i$  – координата границы слоя;  $p$  – удельная мощность;  $\lambda, c_p, \rho$  – соответственно коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость и плотность материала слоя;  $i$  – номер слоя: 1,4 – металл (электроды), 2 – изолятор, 3 – свариваемые детали;  $\tau$  – время.

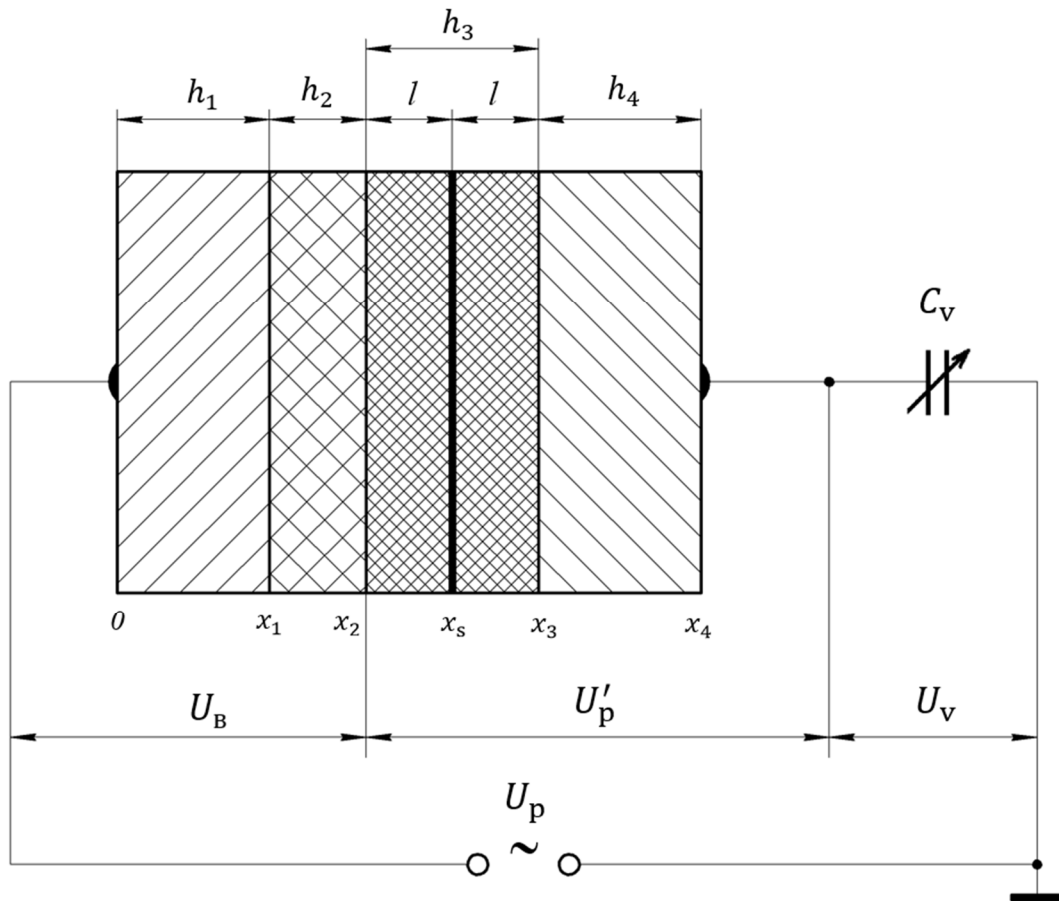


Рис.1. Сварочная технологическая оснастка:  $h_1, h_4$  – толщина высокопотенциального и заземленного электродов;  $h_2$  – толщина изоляционного вкладыша;  $l = h_3/2$  – толщина свариваемой детали;  $x_s$  – координата сварного шва;  $U_B$  – напряжение на изоляционном вкладыше;  $U'_p$  – напряжение на рабочем конденсаторе;  $U_v$  – напряжение на конденсаторе  $C_v$ ; напряжение, подводимое от ВЧ-генератора

Удельная мощность внутренних источников тепла выделяется только в третьем слое (термопласте):

$$p_3 = 2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon_3''(T) E^2. \quad (5)$$

Здесь  $\varepsilon_0$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума;  $\varepsilon_3'' = \varepsilon_3' \operatorname{tg} \delta_3$  – фактор диэлектрических потерь термопласта;  $\varepsilon_3', \operatorname{tg} \delta_3$  – соответственно относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь термопласта;  $E$  – средняя напряженность электрического поля в термопласте;  $f$  – частота ЭМ-поля.

Температура в сварном шве не поддается непосредственному измерению. Таким образом, кроме времени  $\tau_{\text{св}}$  – момента достижения в сварном шве температуры плавления термопласта  $T_3|_{\text{max}} = T_{\text{пл}}$ , задачей расчета является определение режима сварки (параметра  $E$ ), при котором будет достигнута оптимальная (наиболее узкая) глубина прогрева ОШЗ, обеспечивающая наилучшие показатели качества соединения. С этой целью уравнение (1) с условиями (2) – (4) решается численно при ограничении на температуру границы ОШЗ:

$$T_3|_{x_s - y_1} = T_p, \quad T_3|_{x_s + y_2} = T_p, \quad (6)$$

где  $T_p$  – температура размягчения термопласта;  $y_1, y_2$  – глубины прогрева соединяемых деталей ( $y = y_1 + y_2$ ), отсчитываемые от координаты  $x_s$ .

Согласно [4] оптимальная глубина прогрева ОШЗ при ВЧ-сварке деталей из полиамида-610 в несимметричной конструкции технологической оснастки должна составлять величину  $y/2l=0,54\div 0,56$ . Иначе говоря, каждая деталь должна прогреться до температуры  $T_p$  чуть более чем на половину своей толщины. Отвечающие этому показателю режимные параметры процесса найдены в работе [4] при  $T_R = const = 20^\circ\text{C}$ . Между тем по мере увеличения числа сварок электроды рабочего конденсатора нагреваются от соединяемых деталей, и режимные параметры процесса изменяются. Возникает необходимость управления процессом сварки.

Мгновенная удельная мощность  $p$  (здесь и далее индекс «3» опущен) может быть найдена через текущие (контролируемые) параметры объекта (ВЧ-генератора с рабочим конденсатором  $C_p$  и дополнительным регулировочным конденсатором  $C_v$ , включенным последовательно с  $C_p$  – рис.1 [5]):

$$p(\tau) = \frac{x_{св}^2}{2r_1V} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{2r_1}{x_{св}}\right)^2 \left( \frac{\gamma I_{ао}(\tau)}{\sqrt{2}r_1\omega^2 C_3 C_v U_v(\tau)} - 1 \right)} - 1 \right] [\omega C_v U_v(\tau)]^2, \quad (7)$$

где  $x_{св}$  – реактивное сопротивление элемента связи между контурами двухконтурного генератора;  $\omega$  – угловая частота:  $\omega = 2\pi f$ ;  $r_1$  – сопротивление активных потерь в первичном (анодном) контуре генератора;  $V$  – объём термопласта в рабочем конденсаторе;  $\gamma = \alpha_1/\alpha_0$ ,  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  – коэффициенты разложения в ряд импульса анодного тока генератора;  $I_{ао}$  – постоянная составляющая анодного тока генератора;  $C_3$  – эквивалентная емкость генераторной лампы.

В оптимальном режиме, удовлетворяющем условию  $y/2l=0,54\div 0,56$ , удельная мощность должна следовать определенной закономерности – временной программе – рисунок 2.

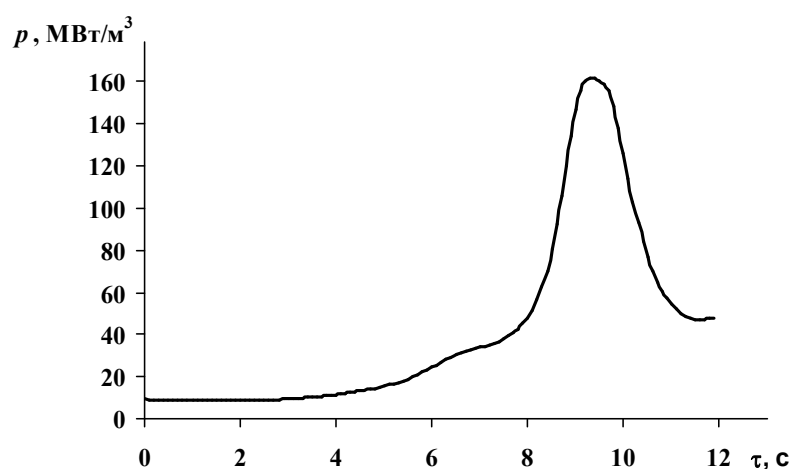


Рис. 2. Зависимость удельной мощности внутренних источников тепла от времени в оптимальном режиме ВЧ-сварки деталей из полиамида – 610:  $2l = 4$  мм,  $f = 27,12$  МГц,  $T_0 = T_R = 20^\circ\text{C}$ ,  $T_{пл} = 225^\circ\text{C}$ ,  $T_p = 200^\circ\text{C}$ ,  $h_1 = h_4 = 6$  мм,  $h_2 = 2,5$  мм,  $\lambda_2 = 0,25$  Вт/м·К,  $\varepsilon'_2 = 7$

Следовательно, основной задачей управления сварочной установкой является программное (по известному закону) регулирование мощности. На рисунке 3 приведена структурная схема АСУ процессом.

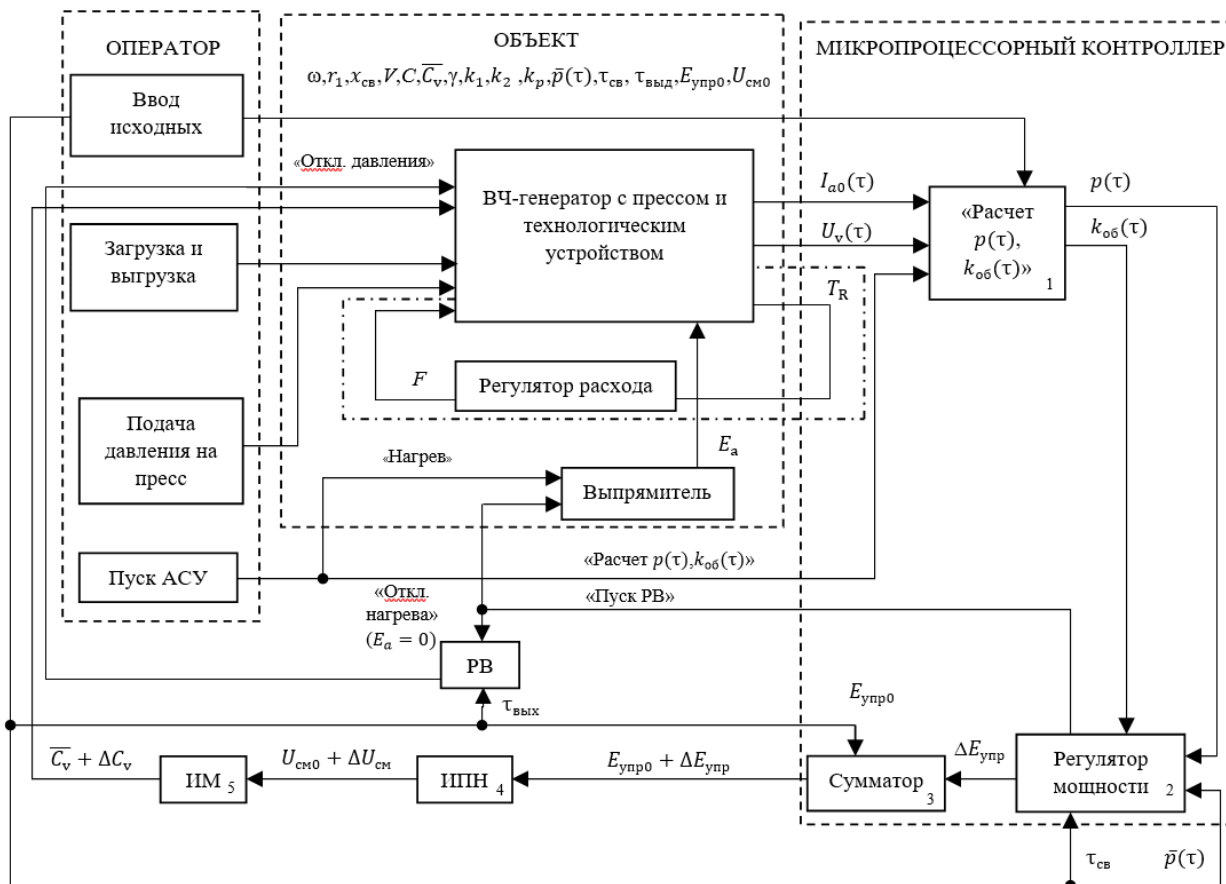


Рис.3. – Структурная схема АСУ производственным процессом высокочастотной сварки корпусов химических источников тока

На схеме обозначено: блок 1 – вычислительное устройство для формирования (расчета по выражению (7)) мгновенной удельной мощности  $p(\tau)$  по поступающим из объекта информационным сигналам  $I_{a0}(\tau)$  и  $U_v(\tau)$  и для вычисления (также в реальном времени) коэффициента передачи объекта  $k_{об}$ ; блоки 2-5 составляют систему программного регулирования мощности. Работой установки управляет микроконтроллер.

Оператор вводит исходные данные в микроконтроллер, осуществляет загрузку технологической оснастки свариваемыми деталями, подает давление на пресс, производит пуск АСУ. Время сварки, рассчитанное заранее, задается в качестве уставки в программный регулятор мощности. На входе регулятора мощности установлено также программное задание  $\bar{p}(\tau)$ .

При пуске АСУ включается режим НАГРЕВ ВЧ-генератора и автоматически запускаются расчетные операции блоком 1. Непрерывно вычисляемые значения  $p(\tau)$  и  $k_{об}(\tau)$  поступают на вход регулятора 2. Сигнал рассогласования между текущим значением  $p(\tau)$  и программным заданием  $\bar{p}(\tau)$  в виде напряжения постоянного тока  $\Delta E_{упр}$  после суммирования в блоке 3 со значением  $\Delta E_{упр0}$ , соответствующим номинальному значению емкости



конденсатора  $C_v$ , подается на вход источника постоянного напряжения (ИПН) – блок 4. Блок 4 вырабатывает напряжение смещения  $U_{см}$ , необходимое для управления работой электронного исполнительного механизма (блок 5). В качестве исполнительного механизма (ИМ) в схеме АСУ применена реактивная лампа (пентод), изменяющая свою емкость  $C_v$  при изменении постоянного напряжения на своей управляющей сетке [6].

В отличие от коэффициентов передачи остальных звеньев системы коэффициент передачи объекта  $k_{об}$  является переменным во времени и вычисляется непрерывно:

$$k_{об}(\tau) = \frac{\partial p(\tau)}{\partial C_v}; \quad k_p = \frac{\Delta E_{упр}}{\Delta p}; \quad k_1 = \frac{\Delta U_{см}}{\Delta E_{упр}}; \quad k_2 = \frac{\Delta C_v}{\Delta U_{см}}. \quad (8)$$

Здесь:  $k_p, k_1, k_2$  – соответственно коэффициенты передачи регулятора (блок 2), блоков 3 и 4;  $E_{упр}$  – управляющее напряжение постоянного тока;  $U_{см}$  – напряжение смещения;  $\Delta p, \Delta E_{упр}, \Delta U_{см}, \Delta C_v$  – отклонения переменных от их значений в номинальном режиме. Производная  $\frac{\partial p(\tau)}{\partial C_v}$  получена аналитически дифференцированием выражения (7).

Регулятор мощности компенсирует отклонение удельной мощности  $p(\tau)$  от программного задания  $\bar{p}(\tau)$  на протяжении всего цикла сварки путем автоматического, безынерционного изменения емкости реактивной лампы на величину  $\Delta C_v$ .

По истечении времени сварки  $\tau_{св}$  по сигналу от блока 2 режим НАГРЕВ ВЧ-генератора отключается. Одновременно включается реле времени (РВ) на время выдержки  $\tau_{выд}$  готового изделия под прессом для охлаждения. По истечении времени  $\tau_{выд}$  по сигналу от РВ давление с прижимной плиты прессы снимается, и оператор извлекает из технологической оснастки готовое изделие.

Необходимо отметить, что во избежание нагрева от свариваемых деталей и расстройки режима сварки технологическая оснастка предварительно была выполнена с охлаждаемыми электродами рабочего конденсатора, а для стабилизации их температуры был предусмотрен автоматический регулятор расхода охлаждающей воды. Такое техническое решение представляется по меньшей мере неудобным в технологическом отношении. Проведенный в дальнейшем анализ работы предложенной системы программного регулирования показал, что в стабилизации температуры электродов рабочего конденсатора нет необходимости.

Действительно, при увеличении  $T_R$  (по мере роста числа сварок) время процесса будет уменьшаться. Следовательно, в случае горячих электродов сварочный цикл каждый раз будет начинаться не с фиксированной начальной температуры, а с температуры  $T_R$ . Хотя температура  $T_R$  в явном виде не входит в уравнение (1), это в свою очередь, вызовет изменение мгновенных режимных параметров ВЧ-генератора  $I_{a0}(\tau)$  и  $U_v(\tau)$ , отражающих мгновенные, зависящие от температуры, электрофизические свойства термопласта. Таким образом, по отношению к системе программного регулирования мощности температуры

электродов  $T_{R1}$  и  $T_{R2}$ , т.е. даже в случае их неравенства, следует рассматривать как неконтролируемые возмущения. Учитывая, что обусловленная нагревом электродов мощность не превышает 20 % от мощности высокой частоты, можно считать, что эти возмущения будут успешно обработаны системой. В силу отмеченного конструкция сварочной технологической оснастки упрощается, а из схемы АСУ исключается автоматический регулятор расхода охлаждающей воды.

### Список литературы

1. Волков С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов / С.С. Волков. – М.: Химия, 2001. – 376с.
2. Кархин В.А. Тепловые процессы при сварке / В.А. Кархин. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 571с.
3. Марков А.В. Метод прогнозирования качества сварки термопластов / А.В. Марков // Пластические массы, 2006. – №5. – С.44-46.
4. Осипова Е.В. Справедливый компромисс в задаче выбора оптимального по качеству режима сварки пластмасс / Е.В. Осипова, А.В. Марков / Сб. тр. 30 междунаро. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-30)» / Под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб: Политехн. ун-т Петра Великого, 2017. – Т.12. – Часть 1. – С. 506-509.
5. Марков А.В. Многофункциональный контроль параметров технологического процесса в электротермической установке высокочастотного диэлектрического нагрева / А.В. Марков, Ю.П. Юленец // Электротехника, 2007. – №7. – С.60-64.
6. Баркан В.Ф. Радиоприемные устройства / В.Ф. Баркан, В.К. Жданов. – М.: Советское радио, 1978. – 462 с.

## ОСНОВНЫЕ СТАДИИ РАБОТЫ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Т.В. Володченко, О.С. Харитоновна, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина,  
Д.В. Башкиров, И.Ф. Уролов  
Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

**Аннотация.** Основной задачей разрабатываемого веб-комплекса является расчет требуемых вычисляемых параметров на основе введенных входных данных. Таким образом, программа выдает прогноз о характеристиках получаемого продукта на основе фундаментальных законов химической технологии

Разработанная система представляет собой веб-приложение, позволяющее осуществлять следующие действия:

- Производить расчет характеристик в соответствии с математической моделью [1-5]

- Вести журнал запросов пользователей [6-9]
- Обеспечивать возможности администрирования [10,11]

Стадии работы:

1. После прохождения авторизации пользователю открывается главная страница программы.

2. После нажатия на кнопку «Расчитать» система производит проверку корректности ввода данных непосредственно на стороне клиента и, в случае успеха, передает данные на сервер.

3. Процесс выполнения расчета достаточно длительный (в среднем 30 секунд) и ведется в фоновом режиме. При этом интерфейс системы дает пользователю понять, что нужно подождать через специальные рисунки и меняя статус системы.

4. После успешного произведения расчета выходные характеристики синтеза выводятся в окне результатов в отформатированном виде.

5. В случае если нужно варьировать одну или несколько выходных характеристик, то пользователь просто изменяет входные данные и нажимает пересчет. Важно отметить, что, если пользователь введет набор входных параметров, набранный ранее им или другим пользователем, то расчет произойдет практически без временных задержек, так как в этом случае результаты запроса уже хранятся в системе.

6. По каждому пользователю системы ведется специальный журнал запросов. В этом разделе пользователю будут представлены его последние запросы с указанием даты-времени и их результаты. Результаты изначально выводятся в закрытом виде и представлены псевдоссылкой.

В результате выполненных работ получен программный продукт, позволяющий рассчитать требуемые параметры ведения промышленного химико-технологического продукта.

### Список литературы

1. Дмитричева Р.Р. Моделирование процесса синтеза бутилкаучука / Р.Р. Дмитричева, И.О. Антонова, В.В. Бронская, Г.В. Мануйко, Г.А. Аминова // *Математические методы в технике и технологиях*. – ММТТ, 2018. – С. 175-177.
2. Aminova G.A. Method of solution of a system of equations describing the continuous process of polymerization under conditions of a polyaddition reaction / Aminova G.A., Bronshtejn M.D., Manujko G.V., Ignashina T.V., Davydova V.V., Antonova O.V., Dyakonov G.S., Reshetova I.G., Kharitonova N.E. // *Inzhenerno-fizicheskii zhurnal*. – 2002. – Т. 75, № 4. – С. 165-169.
3. Мануйко Г.В. Моделирование периодического процесса полимеризации бутадиена на модифицированном литиевом катализаторе с учетом изменения его активности / Г.В. Мануйко, Г.А. Аминова, Г.С. Дьяконов, В.В. Бронская, А.И. Исмаилова, Э.И. Салахова, И.О. Антонова // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 76-81.
4. Цапаев А.А. Нейросетевая модель процесса абсорбции углекислого газа водой / Цапаев А.А., Бронская В.В., Игнашина Т.В., Суханов П.П. // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2019. – № 2. – С. 7-11.

5. Аминова Г.А. Определение оптимальных режимных параметров технологического процесса синтеза СКДН с целью получения полимера с заданными характеристиками разветвленности / Г.А. Аминова, Г.В. Мануйко, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина, А.И. Исмагилова, Г.И. Литвиненко, Г.С. Дьяконов, Д.В. Башикиров // Инженерно-физический журнал. – 2007. – Т. 80, № 2. – С. 153-160.

6. Аргерих Р. Профессиональное программирование / Р. Аргерих [и др.]. – СПб.: Символ-Плюс, 2003.

7. Электронный учебник. Справочное руководство по PHP. <http://www.php.net/docs.php>.

8. Электронный учебник. Справочное руководство по MySQL. <http://www.mysql.ru/docs/man/>.

9. Brett McLaughlin. Быстрый штурм Ajax. <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library>

10. Гончаров А. Самоучитель HTML / А. Гончаров. – СПб.: Питер, 2002.

11. <http://forum.ubuntu.ru>

## **ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ СЛОЖНОЙ ЦЕЛИ**

А.В. Сафонова, В.И. Мартынов

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет  
им. В.Ф. Уткина»

г. Рязань

***Аннотация.** Рассмотрены возможности применения сверхширокополосного сигнала с линейной частотной модуляцией для получения радиолокационного изображения целей с высоким разрешением по дальности и угловым координатам. Приведены алгоритмы обработки радиолокационного сигнала, проведена оценка их эффективности по двум параметрам: средней величине ошибки яркости и относительному изменению среднего контраста.*

Применение сверхширокополосных (СШП) сигналов является одним из наиболее перспективных способов получения радиолокационного изображения сложных целей с высоким разрешением по дальности и угловым координатам [1]. Это становится возможным за счет малой длительности сигнала по сравнению с размерами целей. В этом случае даже самая небольшая цель может быть представлена в виде совокупности отражающих точек от каждого элемента разрешения, а сигнал на входе приёмника представляет собой аддитивную смесь сигналов от всех элементарных отражателей, входящих в состав цели. В процессе обработки такого сигнала главной задачей является восстановление пространственного расположения элементарных отражателей по реализации принятого сигнала. Для решения данной задачи могут быть использованы различные алгоритмы обработки сигнала.

В общем виде алгоритмы обработки СШП сигналов для получения радиолокационного изображения цели можно разделить на доплеровские и аппроксимирующие. В работе рассмотрены случаи применения двух алгоритмов обработки сверхширокополосного сигнала с линейной частотной модуляцией: алгоритма обратной проекции в частотной области (ОПЧО) и алгоритма максимальной корреляции (МК).

Алгоритм ОПЧО основан на взвешивании результата доплеровского алгоритма весовыми функциями [2]. Предпочтительными весовыми функциями являются обратные матрицы двумерного спектра каждого элементарного отражателя, от которого был получен отраженный сигнал. Алгоритм МК основан на аппроксимации принятого сигнала набором комплексных экспонент, которые имитируют сигналы, отраженные от элементарных отражателей с известными координатами и законом их изменения. Таким образом, осуществляется декомпозиция принятого сигнала на составляющие и восстановление изображения отражающих точек цели.

Для сравнительного анализа полученных радиолокационных изображений была выбрана тестовая цель «ромб» (рис. 1,а). Сравнение качества работы алгоритмов проводилось по двум параметрам: средней величине ошибки яркости (СВОЯ) и относительному изменению среднего контраста (ОИСК).

За счет усреднения ошибки яркости полученного изображения по количеству его точек ( $L$ ) параметр СВОЯ может быть найден по формуле:

$$\text{СВОЯ} = \sum_{l=1}^L \frac{|\hat{\sigma}_{x_l, y_l} - \sigma_{x_l, y_l}|}{L},$$

где  $\sigma_{x_l, y_l}$  – интенсивность отраженного сигнала, а  $\hat{\sigma}_{x_l, y_l}$  – оценка интенсивности отраженного сигнала.

ОИСК может быть рассчитано по формуле:

$$\text{ОИСК} = \frac{\text{СК}(\sigma_{x, y}) - \text{СК}(\hat{\sigma}_{x, y})}{\text{СК}(\sigma_{x, y})},$$

где средний контраст (СК) находится как:

$$\text{СК}(\sigma_{x, y}) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \frac{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 |\sigma_{x_l, y_l} - \sigma_{x_{l+i}, y_{l+j}}|}{8}.$$

Изображения, полученные при помощи алгоритма ОПЧО и алгоритма МК, приведены на рисунках 1, б и 1, в соответственно.

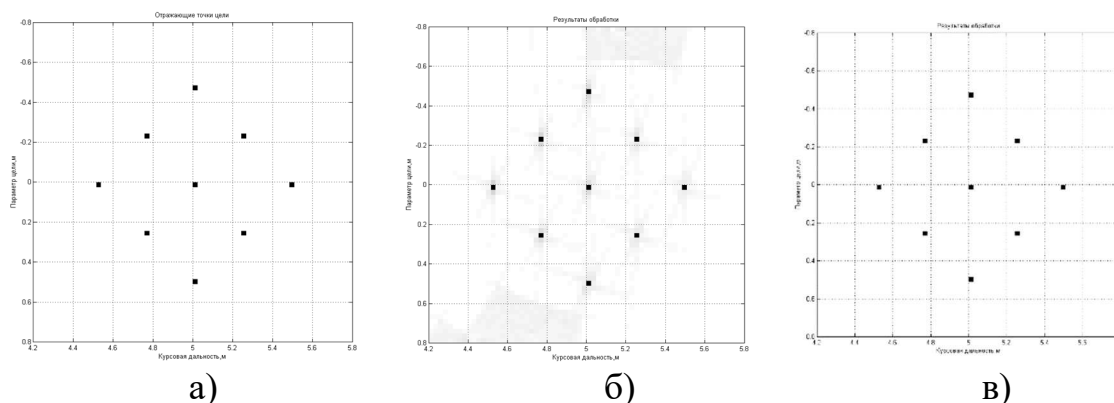


Рис. 1. Исходное изображение отражающих точек цели «ромб» и результаты работы рассмотренных алгоритмов

Сравнительные параметры полученных радиолокационных изображений при помощи рассмотренных алгоритмов сведены в таблицу.

Таблица

Алгоритм	Значение параметра СВОЯ	Значение параметра ОИСК
ОПЧО	0,0124	0,0719
МК	$8,8 \cdot 10^{-17}$	$4,2 \cdot 10^{-14}$

Сравнение показало, что алгоритм ОПЧО уступают аппроксимирующему алгоритму МК по причине неизбежного наличия боковых лепестков преобразования Фурье.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (FSSN-2020-0003).*

### Список литературы

1. Лазоренко О.В. *Сверхширокополосные сигналы и физические процессы.*
2. *Методы анализа и применение / О.В. Лазоренко, Л.Ф. Черногор // Радиофизика и радиоастрономия. – 2008. – Т.13, №4. – С.270-322.*
2. *Ultra-wideband FMCW ISAR imaging with a large rotation angle based on block-sparse recovery / Ke Jin, Tao Lai, Gong-quan Li, Ting Wang, Yong-jun Zhao // FITEE.– 2017. – No.18. – P. 2058-2069.*

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТУРБОАГРЕГАТОВ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБИННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

М.А. Золотухина, В.Д. Ивченко, Д.А. Акимов  
МИРЭА – Российский технологический университет,  
г. Москва

*Аннотация.* В статье рассмотрен метод установление вида неисправностей турбоагрегатов на основе распознавания виброизмерений. Анализировано использование глубинных нейронных сетей для решения задачи поиска отклонений от эталонного объекта неисправности. Показано снятие сигналов датчиками с имитационного вибродиагностического комплекса AP 7000. Представлены спектры вибросигналов неисправностей. Определены возможности выявления отклонений от нормы в увеличенном темпе обнаружения, а также их незамедлительное исправление.

### Введение

Суть метода наименьших расстояний заложен практически во всех алгоритмах нейронной сети при распознавании неисправностей. Применение таких сетей как: *Кохонена, Хэмминга, Гроссберга* дают возможность искать по каждому объекту отклонения от эталонного и даже если они минимальны, определять их в группы неисправностей.

В таких условиях классификаторы, действующие по принципу минимального расстояния, оказываются чрезвычайно эффективным средством решения задачи классификации спектрограмм виброизмерений. Когда можно осуществить быстрое установление причины неисправности и сам вид изменений в турбосистеме – это дает хороший шанс вывести неисправность без отключения оборудования в ближайшие сроки.

Самой важной обработкой вибросигнала является предварительное преобразование и снятие сигналов неисправностей с вибростенда, который показан на рисунке 1. Сам стенд является экспериментальной установкой осуществляющей имитацию сигналов, измеряемых вибродатчиками турбогенератора.

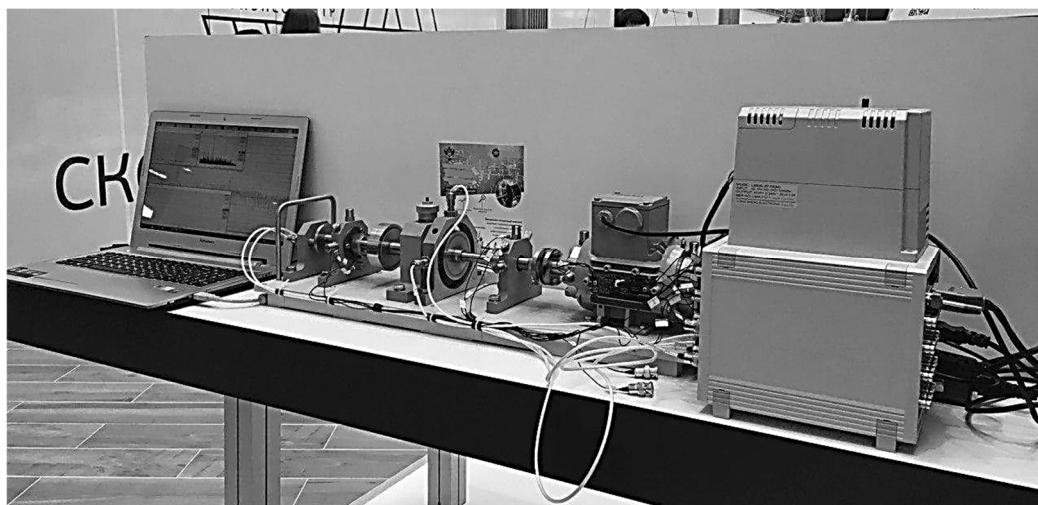


Рис. 1. Имитационный вибродиагностический комплекс AP 7000, на выставке в Сколково

### **Постановка задачи**

В процессе работы роторного оборудования из-за естественного износа, повреждения постепенно возрастают, и наступает такой момент, когда это начинает сказываться на состоянии агрегата в целом и всей промышленности, и соответственно данная ситуация проявляется в спектре вибрации.

Задача состоит в обработке и снятии сигналов, а также методами и способами, представленными выше, определить их вид отклонения. Целесообразно выбрать и средство преобразования начального сигнала в спектр для последующего обучения нейронной сети [2]. Измерение данных величин позволит создавать полный спектр неисправностей.

### **Решение проблемы**

Самым простым и весьма эффективным инструментом при решении таких задач является метод наименьшего расстояния. Который реализуется нейронными сетями Кохонена, Хэмминга и Гроссберга [3]. Для его воспроизведения требуются сигналы неисправностей и сигналы без отклонений. Чтобы обучить нейронную сеть эффективно, то есть с максимальной отдачей и вероятностью не менее 97 % было принято решение пропустить через ПО более 9000 образцов.

Работа по обработке и снятию вибросигналов выполнялась с помощью инструментов вибродиагностического стенда. Использование ПО дает возможность без увеличения затрат на обработку сигналов преобразовать их в спектрограммы. Пример вибросигнала с неисправностью вида «недостаточный натяг подшипника», представлен на рисунке 2. На спектрограмме, показанной на рисунке 3, запечатлён момент обнаружения вибродатчиками, расположенными на валу и на подшипнике, гармоник, означающих проскальзывание вала.

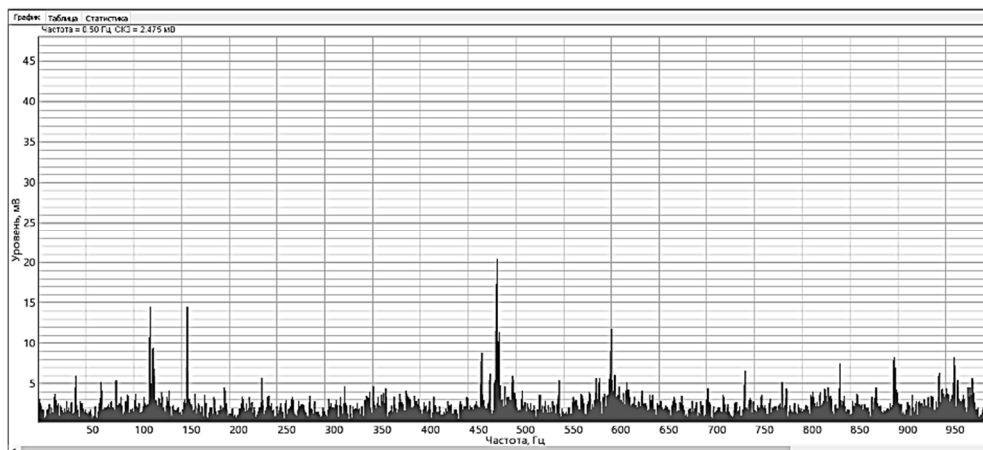


Рис.2. Снятие сигналов с вибростенда, неисправность вида «недостаточный натяг подшипника»

Повышение уровня вибрации в вертикальном, горизонтально-продольном и горизонтально-поперечном расположении отрицательно влияют на элементы конструкции турбины.

Комплекс AP 7000 позволяет фиксировать неисправности вида: статический дисбаланс роторов, динамический дисбаланс роторов, ослабление крепления опорных узлов, повреждение баббита вкладышей, увеличенные зазоры ротор-подшипник, определять влияние теплового расширения элементов турбины при запуске на спектр вибраций и др. [1].

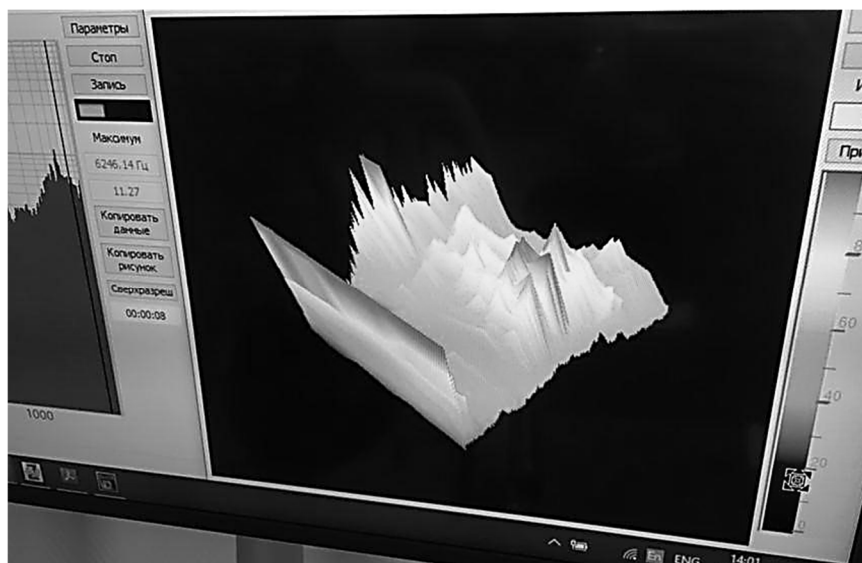


Рис.3. Спектрограмма виброизмерений, зафиксированная неисправность «недостаточный натяг подшипника»



При появлении проскальзывания, контактирующие поверхности истираются, что вызывает износ и значительное повреждение вала. Таким образом при наличии такого дефекта(повреждения) и не получения вовремя диагностики системы приведет не только к поломке оборудования, но и к простою предприятия, а это как следствие экономический кризис.

### **Заключение**

Чтобы избежать поломок или некачественной работы роторного оборудования, предлагается использование метода наименьшего расстояния для обнаружения эталонной модели с помощью нейронной сети. Снимаются сигналы с дефектом и сигналы без отклонения от нормы. При обработке их в спектры, и при дальнейшем обучении нейронной сети, в свою очередь, дает вероятность с минимальными потерями определить точность повреждения и распознать вид неисправности. Для решения вопроса, сняты сигналы электромеханической роторной установкой, с возможной имитацией сигналов неисправностей вращающихся узлов аналогичных категориям неисправностей турбогенераторов ТЭЦ, с набором вибродатчиков.

*Выражаем благодарность «МИРЭА – Российский технологический университет» и институту Кибернетики, за возможность проводить исследования в области нейронных сетей, вибродиагностики и IoT.*

### **Список литературы**

1. *Ивченко В.Д. Диагностика и отказоустойчивость технических систем. Методы обработки информации и принятия решений / В.Д. Ивченко. – М.: Машиностроение – 1, 2006. – 305 с.*
2. *Николенко С.И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С.И. Николенко, А.А. Кадурын, Е.О. Архангельская. – 2018. – 478 с.*
3. *Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. – 2018. – 653 с.*

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА УЧЕТА И РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕЭТАНИЗИРОВАННОГО КОНДЕНСАТА ГАЗОВОГО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОРГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

А.П. Орлов, И.Н. Валеев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* В статье была рассмотрена модернизация узла учета деэтанализированного газового конденсата на базе кориолисового расходомера. Проведен обзор достоинств и недостатков метода на базе кориолисового расходомера. Разработан проект методики измерений на базе кориолисового расходомера.

Измерения массового расхода и количества деэтанализированного газового конденсата через измерительные трубопроводы позволяют решать задачи автоматизации, ведения и оптимизации технологических процессов; выполнения коммерческих взаиморасчетов между покупателем и продавцом. Использование энергоносителей является мощным стимулом к их сбережению, и перед людьми стоит важная задача данной области, как обеспечение точности результатов измерений. Вышеупомянутое полноценно можем отнести и к измерениям деэтанализированного газового конденсата, учет которого относится к сфере распространения государственного регулирования [1].

Цель данной работы техническое перевооружение морально устаревших средств измерений (далее – СИ) и метрологическое обеспечение автоматизированной системы измерения количества деэтанализированного газового конденсата на трубопроводе выхода с нефтегазоперерабатывающего предприятия.

Системой измерений количества деэтанализированного газового конденсата (далее – СИКГК) называется совокупность функционально объединенных СИ, систем обработки информации и технологического оборудования, предназначенных для:

- измерения, индикации и автоматического обновления текущих значений технологических параметров СИКГК (массового расхода, температуры, избыточного давления), качественных параметров деэтанализированного газового конденсата (далее – конденсат), расхода за отчетный период по каждому измерительному трубопроводу (далее – ИТ) и СИКГК в целом;
- измерения массы брутто конденсата по каждому ИТ и СИКГК в целом;
- измерения в автоматическом режиме, индикации и сигнализации предельных значений массового расхода, избыточного давления, температуры, плотности, массовой доли воды конденсата по каждому ИТ при выходе за границы поверенного диапазона;

- автоматизированного управления ИТ (включение, выключение, переключение потока конденсата с рабочего ИТ на контрольно-резервный ИТ, переключение для контроля метрологических характеристик рабочего кориолисового расходомера по контрольно-резервному кориолисового расходомера и поверочной установки, поверки по поверочной установке);
- сигнализации положения электроприводной арматуры (открыта, закрыта);
- визуального контроля герметичности запорной арматуры, через которую недопустимы протечки;
- возможности выполнения поверки рабочего и резервно-контрольного кориолисовых расходомеров при помощи поверочной установки без нарушения процесса измерений;
- автоматизированного управления массовым расходом конденсата через СИКГК;
- автоматизированного управления процессом автоматического отбора объединенной пробы как пропорционально объёму перекачиваемой за смену конденсата, так и пропорционально времени;
- ручного отбора точечной пробы конденсата;
- хранения и отображение на операторской станции измеренных и расчетных значений контролируемых параметров;
- защиты системной информации от несанкционированного доступа программными средствами (введением паролей доступа) и механического опломбирования соответствующих конструктивов и блоков;
- возможности передачи данных с операторской станции на верхний уровень (через интерфейс Ethernet);
- ведения и архивирования журнала событий системы (переключения, аварийные сигналы, сообщения об ошибках и отказах системы и ее элементов), журнала оператора, актов приема-сдачи СИКГК;
- контроля достоверности измерений и исправности датчиков;
- визуального контроля температуры и избыточного давления СИКГК по месту;
- возможности вывода на печать всех отчетов как в ручном (по команде оператора), так и в автоматическом режиме, возможности редактирования форм отчетов.

Для достижения целей работы были решены следующие задачи:

1. Анализ технологического объекта, изучена нормативная техническая документация, найдены пути решения возникших проблем в соответствии с новыми требованиями к системам измерения количества и параметров конденсата;
2. Обоснованность полученных в работе результатов подтверждена методикой измерений, разработанной в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563–2009.
3. Проведены исследования по оценке относительной расширенной неопределенности измерений массового расхода и массы конденсата.

4. Проведен обзор достоинств и недостатков метода измерения массового расхода при помощи кориолисового расходомера.

Решение описанных задач обеспечивает уменьшение потерь переданного и принятого конденсата при его транспортировании покупателю, соблюдение обязательных метрологических требований и положений 102-ФЗ [1].

### Список литературы

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПОСТОЯННЫМ И ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ

Н.Б. Березин, Ж.В. Межевич

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань

*Аннотация.* Целью работы является обобщение и анализ экспериментальных данных по легированным цинковым покрытиям хромом, никелем при использовании постоянного и импульсного тока. Установлено, что применение импульсного тока позволяет получать качественные покрытия цинк-хром и цинк-никель необходимой толщины с улучшенными показателями коррозионной стойкости. Показано, что перспективным для применения в промышленности может быть сплав цинк-хром-никель, полученный из электролитов содержащих гетероядерные глицинатные комплексы  $CrNiZn(HGl)_4Gl_4^{3+}$ ,  $CrNiZn(HGl)_2Gl_6^+$ .

Легирование цинковых покрытий открывает широкие возможности для совершенствования защитных и функциональных их свойств [1,2]. Получение сплавов на основе цинка позволяет экономить металлический фонд, создавая более устойчивые к окислению покрытия, но в ряде случаев решать экологические задачи, связанные с заменой токсичных металлов, например, кадмия.

Совершенствование процессов электроосаждения цинковых легированных хромом и никелем покрытий проведено с учетом роли комплексообразования в растворах, а также использования импульсного электролиза [3].

Кинетика и механизм совместного восстановления различных ионов металлов из комплексных соединений зависят не только от их состава и устойчивости, но и от структурных факторов. В этой связи легирование цинковых покрытий проводили из растворов, содержащих гетероядерные соединения. В гетероядерном комплексе доноры компонентов соосаждаемых металлов находятся в одном химическом соединении и имеют общие молекулярные орбитали. Образование их непосредственно на поверхности электрода изменяет характеристики потенциального барьера на пути переноса заряда и сближает потенциалы восстановления разных по природе ионов металлов.

Применение импульсного тока связано не только с возможностью варьирования большего числа параметров по сравнению со стационарным электролизом, но и характером изменения электродного потенциала. Исходные данные для установления состава образующихся комплексов в электролитах получали рН-метрическим титрованием и методом ядерной магнитной релаксации протонов.

Получение цинк-хромовых покрытий проводили из электролита состава (моль/л):  $\text{CrCl}_3$  - 0,3;  $\text{ZnSO}_4$  - 0,2;  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  - 2,1;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  - 0,6;  $\text{N}(\text{CH}_3\text{COO})_3$  - 0,02;  $\text{NaF}$  - 0,07; рН 2,5 ÷ 3,0.

При рН > 2,3 доминируют гетероядерные формы  $[\text{CrZn}(\text{HGly})_4 \text{Gly}_4]^+$  и  $[\text{CrZn}(\text{HGly})_2 \text{Gly}_6]^-$ , при рН > 3 основной формой становится комплекс  $[\text{CrZnGly}_8]^{3-}$ . Электроосаждение цинк-хромовых покрытий при плотности тока до 7 А/дм<sup>2</sup> позволяет получать на стали 3 компактные осадки толщиной до 0,5 мкм. Дальнейший рост осадка приводит к порошкообразной структуре. Полученные таким образом покрытия содержат до 0,1 % хрома.

Одним из путей преодоления описанных выше затруднений может быть применение импульсного тока. В работе применялся импульсный униполярный ток с прямоугольной формой импульсов.

Результаты количественного интегрального анализа этого покрытия толщиной 1 мкм приведены в табл. 1. В работе анализировали хром с расширенным зондом, по прямой линии, проходящей через центральную часть образца, размером 20x40 мм. Неравномерность распределения хрома по ширине катода связана с краевыми эффектами.

Таблица 1

Данные количественного интегрального анализа содержания хрома в покрытии

№ измерения	Содержание хрома, %	№ измерения	Содержание хрома, %
1	7,0	6	0,6
2	4,0	7	0,8
3	1,8	8	1,0
4	1,3	9	2,5
5	0,8	10	4,8

При одинаковой толщине в 6 мкм очаги коррозии на цинковых покрытиях появились через 28 ч испытаний, а на легированных хромом – через 72 ч. Время испытаний в эксикаторе – 108 суток.

Изучение процесса соосаждения цинка и никеля проведено из кислых хлоридных глицинсодержащих электролитов.

Элементный состав и распределение компонентов сплава по данным рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭ) образцов покрытий, полученных постоянным током 1 А/дм<sup>2</sup> и импульсным током  $j_{\text{cp}} = 1$  А/дм<sup>2</sup>, время импульса – 1 мс, время паузы – 10 мс, приведены в табл. 2. Время осаждения – 60 с.

Таблица 2

Элементный состав и распределение компонентов сплава по толщине цинк-никелевых покрытий, полученных постоянным и импульсным током

Элемент	Содержание, % (ат.)		Время травления, мин	Глубина травления, нм	Максимум энергии связи, эВ	
	Пост.	Имп.			Пост.	Имп.
Zn	38,08	61,20	0	поверхность	1021,70	1021,80
Ni	1,04	3,16			852,80	852,70
O	66,88	35,64			532,40	530,30
Zn	79,12	74,94	1	~10	1021,70	1021,20
Ni	19,70	25,06			852,50	852,40
O	1,18	0,00			531,50	-

При проведении сравнительных коррозионных испытаний в эксикаторе при переменном погружении в электролит использовали три вида гальванических покрытий: цинковые и цинк-никелевые (10 % Ni), полученные на постоянном и импульсном токе. На цинковых покрытиях уже через 2 ч испытаний появляются темные пятна и полосы на 30 % поверхности, а через 48 ч стали заметны первые очаги коррозии.

На цинк-никелевых покрытиях за все время проведения коррозионных испытаний темных пятен и полос замечено не было. Белые продукты коррозии на цинк-никелевых покрытиях, полученных постоянным током и импульсным током, появляются соответственно через 120 и 168 часов испытаний.

При дальнейшем совершенствовании функциональных свойств цинковых покрытий проведено электрохимическое легирование цинк-хромовых покрытий дополнительно никелем. Установлено, что введение в растворы соединений никеля способствует увеличению содержания хрома в покрытиях. В данном случае сплав получен из растворов, содержащих по данным ЯМР исследований гетероядерные комплексы  $\text{CrNiZn}(\text{HGly})_4\text{Gly}_4^{3+}$  и  $\text{CrNiZn}(\text{HGly})_2\text{Gly}_6^+$ .

Таким образом, применение импульсного тока позволяет получать дополнительные положительные возможности в случае электрохимического легирования гальванических покрытий.

### Список литературы

1. Бараз В.В. Влияние легирования и режимов кристаллизации на формирование структуры, литейные и механические свойства сплава системы  $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{Zn}$  / В.В. Бараз, С.С. Герасимов, А.О. Седельникова, И.А. Груздева // Цветные металлы. – 2017. – 8. – С. 72-76.
2. Шеханов Р.Ф. Электроосаждение сплавов цинк-никель из оксалатно-аммонийных электролитов / Р.Ф. Шеханов, С.Н. Гридчин, А.В. Балмасов // Электрохимия. – 2018. – Т. 54. – № 4. – С. 408-415.
3. Berezin N.B. Electrochemical Doping of Zinc Coatings with Chromium and Nickel Coatings with Phosphorus / N.B. Berezin, Zh.V. Mezhevich // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. – 2018. – Vol. 54. – No 3. – Pp. 247-254.

## ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУКЦИНАТОВ КРАХМАЛА

Е.Ю. Шумилова, Е.А. Нещадимова, А.В. Протопопов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул

*Аннотация.* Проведены исследования по получению сукцинатов крахмала и изучение их реологических свойств. Определено содержание связанной янтарной кислоты в полученном сложном эфире крахмала. Образование сложного эфира подтверждено методом ИК-спектроскопии. Методом вискозиметрии исследованы реологические свойства полученных сукцинатов крахмала при различном pH среды.

Как перерабатываемый природный материал, крахмал является важным сырьем для производства продуктов питания и других целей. Натуральный крахмал путем этерификации может улучшить характеристики исходного крахмала и расширить область его применения. Крахмал – это природный, возобновляемый, биоразлагаемый полимер, богатый ресурсами, которые широко используются в различных растениях. Многие из его уникальных физико-химических свойств широко применяются в пищевой и других отраслях. Сам нативный крахмал нельзя использовать напрямую. После модификации свойства крахмала улучшаются и могут соответствовать требованиям многоуровневой обработки. Этерификация является одним из эффективных способов денатурации, и крахмал может быть модифицирован физическими, химическими или ферментативными методами, которые эффективно применяются в пищевой, текстильной, бумажной, нефтехимической и фармацевтической отраслях в зависимости от различных свойств. Применение сложного эфира крахмала в зарубежных странах было раньше, и налажено крупномасштабное промышленное производство. Некоторые сложные эфиры крахмала для пищевых продуктов в основном включают в себя крахмал, октенилсукцинат крахмала, натрий октенилсукцинат, монокрахмалфосфат, фосфат дистрахмала, фосфатный фосфат крахмала, ацетилованный фосфат дистрахмала, гидроксипропилдистрахмал и фосфат, и гидроксипропиловый крахмал.

Нами были проведены опыты по синтезу сложных эфиров крахмала с янтарной кислотой в присутствии тионилхлорида и сульфата алюминия в среде четыреххлористого углерода. Полученные продукты анализировали на содержание связанной кислоты в полученном сложном эфире крахмала.

С увеличением продолжительности и температуры синтеза наблюдается возрастание степени замещения в полученных продуктах. При этом достигнутая степень замещения составляет практически от 1 до трехзамещенного сложного эфира.

Для полученных сложных эфиров крахмала нами было изучено влияние pH среды на вязкость растворов и структурообразование. Вязкость растворов измерялась на вискозиметре Убеллоде.

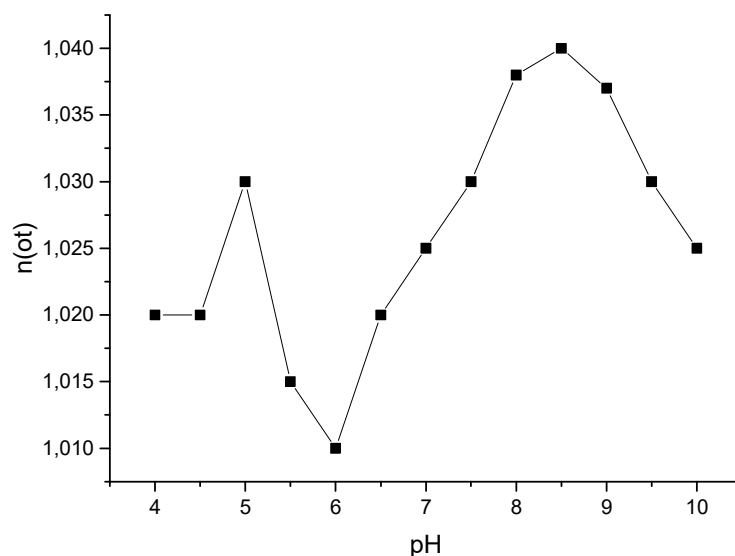


Рис. 1. Зависимость вязкости раствора от рН среды

Вязкость раствора изменяется нелинейно с ростом рН среды, при этом наблюдается минимум вязкости при нейтральном рН. При подкислении раствора вязкость незначительно возрастает и в более кислой среде происходит некоторое ее снижение. В щелочной среде происходит резкий скачок вязкости.

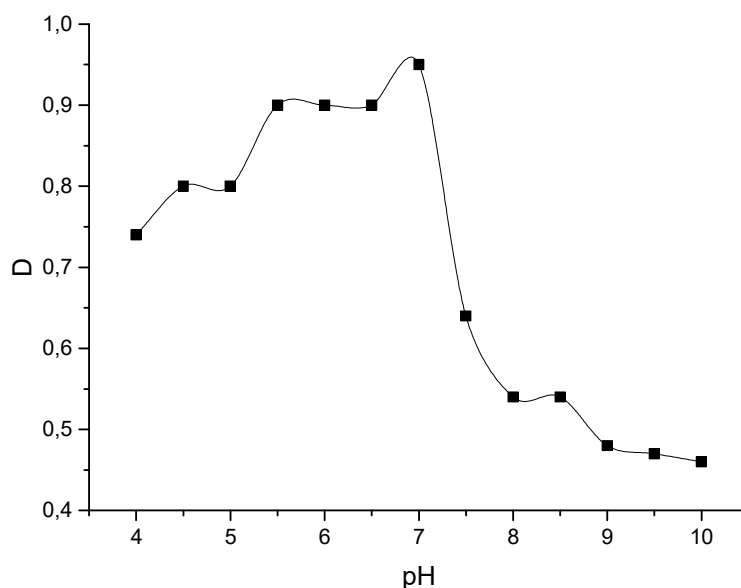


Рис. 2. Зависимость оптической плотности раствора сложного эфира крахмала от рН среды

Зависимость оптической плотности раствора сложного эфира крахмала от рН среды показывает экстремальный характер с максимумом при рН 7.

Из полученных данных можно предположить образование изоэлектрической точки сукцината крахмала при нейтральной среде.

В ходе проведенных исследований были получены сложные эфиры крахмала с янтарной с различной степенью замещения. Предложенный метод



позволяет получать самые различные сложные эфиры крахмала с карбоновыми кислотами, тем самым широко варьируя эмульгирующие свойства получаемых модифицированных крахмалов и область их применения.

### Список литературы

1. Singh J., Kaur L., and McCarthy O.J. "Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – a review," *Food Hydrocolloids*, vol. 21, no. 1, pp. 1-22, 2007.

2. Шумилова Е.Ю. Влияние сульфата алюминия на получение сложных эфиров крахмала с янтарной кислотой / Е.Ю. Шумилова, Д.Е. Штепенко, А.В. Протопопов // *Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXVII международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина.* – Тула: Инновационные технологии, 2020. – С.22-23

3. Шумилова Е.Ю. Исследование получения сукцинадов крахмала / Е.Ю. Шумилова, Е.А. Нецадимова, А.В. Протопопов // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (25 мая 2020 года, г. Бийск) / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ.* – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2020.

4. Протопопов А.В. Сложные эфиры целлюлозы с ароматическими оксикислотами из плодовой оболочки овса / А.В. Протопопов, А.В. Ворошилова, М.В. Клевцова, С.А. Бобровская // *Ползуновский вестник.* – Барнаул: Изд-во Алт ГТУ, 2016. – № 2. – С. 171-176.

## ФОТОННЫЕ ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

А.А. Порохня, И.Ю. Якименко  
Северо-Кавказский федеральный университет,  
г. Ставрополь

**Аннотация.** PdM (*predictive maintenance*, предиктивное, прогнозирующее обслуживание) – вид технического обслуживания оборудования, основанный на диагностике и контроле его состояния. Данный подход к работе оборудования основан на методологии RCM, то есть сборе и анализе данных по состоянию и наработке каждой единицы обслуживания, в соответствии с которой целью обслуживания является не поддержание каждой единицы оборудования в идеальном состоянии, что требует неоправданно высоких затрат, а обеспечение надежности важных для деятельности предприятия производственных и технологических процессов. При этом для некритичного оборудования могут применяться традиционные виды обслуживания: ремонт по состоянию; превентивный ремонт предиктивное обслуживание.

Прогнозируемое обслуживание, в отличие от планово-предупредительного, позволяет производить ремонт не по заранее составленному плану, а когда в нем возникает необходимость. Благодаря этому можно, с одной стороны, не тратить средства и время на плановое обслуживание, которое и без ремонта способно нормально проработать еще несколько месяцев, с другой – снижается вероятность внепланового простоя, вызванного неожиданной поломкой.

Достигается это за счет:

- сбора данных о техническом состоянии узлов и агрегатов и их предварительной обработки;
- раннего обнаружения неисправностей;
- прогнозирования времени наступления отказа;
- планирования технического обслуживания;
- оптимизации ресурсов, выделяемых на обслуживание оборудования.

По мере развития средств индустриального интернета (IIoT), в частности, благодаря оснащению оборудования различными датчиками, сбор данных о его техническом состоянии можно будет выполнять не периодически, а непрерывно, без приостановки эксплуатации, либо в момент ежедневного обслуживания. Своевременное обнаружение даже небольших отклонений рабочих параметров позволит оперативно принимать меры для обеспечения нормальной работы узлов и агрегатов.

Технологии Big Data (Большие данные) позволят прогнозировать время наступления отказа с высокой точностью.

Основные преимущества системы PdM:

- эффективность планирования обслуживания;
- предотвращение непредвиденных простоев.

Располагая информацией о том, какое оборудование нуждается в техническом обслуживании, соответствующие работы можно запланировать на период, когда они будут наиболее рентабельны. Таким образом, незапланированные длительные простои преобразуются в более короткие плановые и время доступности оборудования увеличивается.

Другие потенциальные преимущества PdM:

- увеличение срока службы узлов и агрегатов;
- повышение безопасности;
- уменьшение количества аварий;
- формирование оптимального набора запасных частей и материалов.

В системе IT-Enterprise предиктивное обслуживание обеспечивается продуктом «Predictive Maintenance 4.0 – техническое обслуживание нового поколения». Он обеспечивает высокий уровень надежности каждой единицы оборудования.

В контексте Промышленной революции 4.0 основное внимание уделяется получению данных в рамках системы. В частности, большой объем данных генерируется в виде различных параметров, представляющих интерес на

протяжении всего жизненного цикла. Для получения нужной информации датчики контроля помещаются непосредственно в технологический цикл и дают непрерывную информацию об состоянии узла и агрегата. Они называются линейными или датчиками реального времени.

Для человека, использующего современный автомобиль, эта информация не представляет ничего нового, так как отображается на панели приборов и показывает текущее состояние автомобиля, или же в момент диагностики, при считывании параметров работы двигателя с бортового компьютера. Эти датчики в основном своем не имеют сложного конструктивного строения и выполнены на принципе действия электромагнитной индукции, изменения потока или давления.

На промышленной технике все обстоит сложнее. Требования к датчикам контроля растут, а условия постоянно меняются. Сейчас интерес в промышленности вызывают интеллектуальные датчики с высокой чувствительностью, повторяемостью и надежностью измерений. Кроме того, датчики должны устойчиво работать в экстремальных условиях – высокой температуре, давлении, влажности, вибрации и т.д. Одним из таких типов являются системы контроля состояния смазочного материала и абразивных частиц в режиме реального времени, но требования к оборудованию очень жесткие, а условия – тяжелые. Например, необходимость извлечения пробы на месте в нужном месте, при определенном расходе и в правильном объеме, при разных вязкостных характеристиках, агрессивных средах и не однородностью по структуре.

Различается два вида смазочно-охлаждающих жидкостей в рамках промышленного применения: первые, которые являются важной частью процесса, частью машины или оборудования, и, вторые, которые представляют собой продукт сами по себе. Контроль параметров жидкостей из первой группы имеет решающее значение для обеспечения функциональности процесса, избегая отказов и простоев, повышая эффективность и в этом случае мониторинг смазочно-охлаждающих жидкостей является фундаментальной частью прогностического подхода к обслуживанию или мониторингу состояния, и являются частью системы управления технологическими процессами.

Действительно, мониторинг смазочных материалов не является чем-то новым и он был важной частью повышения промышленной автоматизации, которое имело место в 1960-е года, когда несколько компаний продавали несколько решений для контроля масел, охватывающих различные величины, такие как давление, температура, уровень, поток, вязкость, влажность, кислотность и т.д. Например, компания Rosemount (Shakopee, MN, USA), основанная в 1956 году, начала свою деятельность со специализированных датчиков температуры (RTDs), а затем выросла с развитием своих емкостных дифференциальных датчиков давления, быстро обогнав традиционных лидеров, таких как Foxboro (Foxboro, MA, USA) и Honeywell, а затем компания была в конечном итоге приобретена Emerson (Saint Louis, MO, USA) в 1976 году. В последующие годы многие другие крупные компании начали находить свои

ниши в области управления жидкостью и автоматизации, например, Parker, Pall, Hydac, Burkett и др. [1].

Следуя той же тенденции в наше время, фирма АВВ (Цюрих, Швейцария) демонстрирует стратегию оцифровки с помощью интеллектуальных и недорогих датчиков для промышленного оборудования прошлых поколений. Такой подход позволяет модернизировать существующие производственные процессы с помощью стратегии мониторинга состояния при достаточно низких инвестициях. Например, одно из последних решений, запущенных АВВ в 2016 году, интеллектуальный датчик АВВ Ability, предназначен для непосредственного подключения к раме двигателя для сбора данных о вибрации, температуре и других параметрах и, используя бортовой алгоритм, способен предоставлять информацию о состоянии двигателя, которая используется для сокращения времени простоя двигателя в ремонте до 70 процентов, продления срока службы до 30 процентов.

Эволюция продолжилась с расширением возможностей подключения, с расцветом беспроводных промышленных датчиков. Эти подключаемые датчики стали основоположниками для промышленного Интернета вещей, где информация попадает в единое информационное облако Индустрии 4.0 в надежную, стандартизированную, значимую, и работающую в реальном геоинформационную среду. Но это возможно только в том случае, если показания датчиков будут иметь полный спектр требуемых значений, автоматических калибровок, средств передачи данных и самодиагностики. То есть представлять интеллектуальную систему. Основная проблема этих датчиков – это довольно большие размеры, стоимость и дороговизна обслуживания, что не подходило для тотального применения и неотъемлемой части концепции IIoT. [2]

В результате, на смену им пришли фотонные датчики, как перспективная технологическая альтернатива. Оптические методы позволяют оценивать микроструктуру, функции и состав жидкостей, а также обеспечивают надежную работу при работе в полевых условиях, не нарушая конструкционную целостность узла и не останавливая его работу. Кроме того, революция в цифровой электронике значительно снизила как цену, так и размеры компонентов (датчиков, источников света, вычислительных блоков), критически важных для большинства оптических систем. Интеграция таких оптических компонентов с компактной системой измерения, микромеханикой и недорогими электронными и коммуникационными системами позволяет создавать надежные фотонные интеллектуальные сенсорные системы, которые являются недорогими, масштабируемыми и готовыми к использованию. Датчики контроля состояния смазочных материалов постепенно становятся полностью интегрированными мини-лабораториями, способными определять конкретные химические и загрязняющие вещества, присутствие частиц износа, изменение окисления, однородность смазочного материала.

Фотонные датчики обеспечивают полное обследование рабочей жидкости, данное взаимодействие основано на процессах взаимодействия света и материала образца. Когда световой луч попадает на материал, свойства исходного светового луча преломляется в зависимости от физического и

химического состава материала образца. По изменению преломления света по сравнению с исходным значением собирается информация об изменении состава образца.

Основной блок фотонного датчика включает оптическую систему, которая содержит излучатель света, матрицу, а также всю дополнительную электронику для их управления, считывания, формирования сигнала и его передачи. Система так же может дополнительно комплектоваться вспомогательными оптическими элементами, такие как фильтры, линзы, и др.

Другая важная подсистема в датчиках мониторинга смазочных материалов называется измерительная камера. Эта специфическая часть датчика находится в контакте с жидкостью и отвечает за обработку и поддержание всех условий окружающей среды образца. Стенки камеры выдерживать высокие рабочие давления и температуры жидкости, должны быть совместимы с химическими свойствами образцов жидкостей. В измерительной камере устанавливается оптическое окно, прозрачное для рабочего спектра света, микромеханические детали и гидроизоляционные вещества, обеспечивающие водонепроницаемость конструкции.

На рис. 1 представлена перспективная схема датчика мониторинга смазочных материалов.

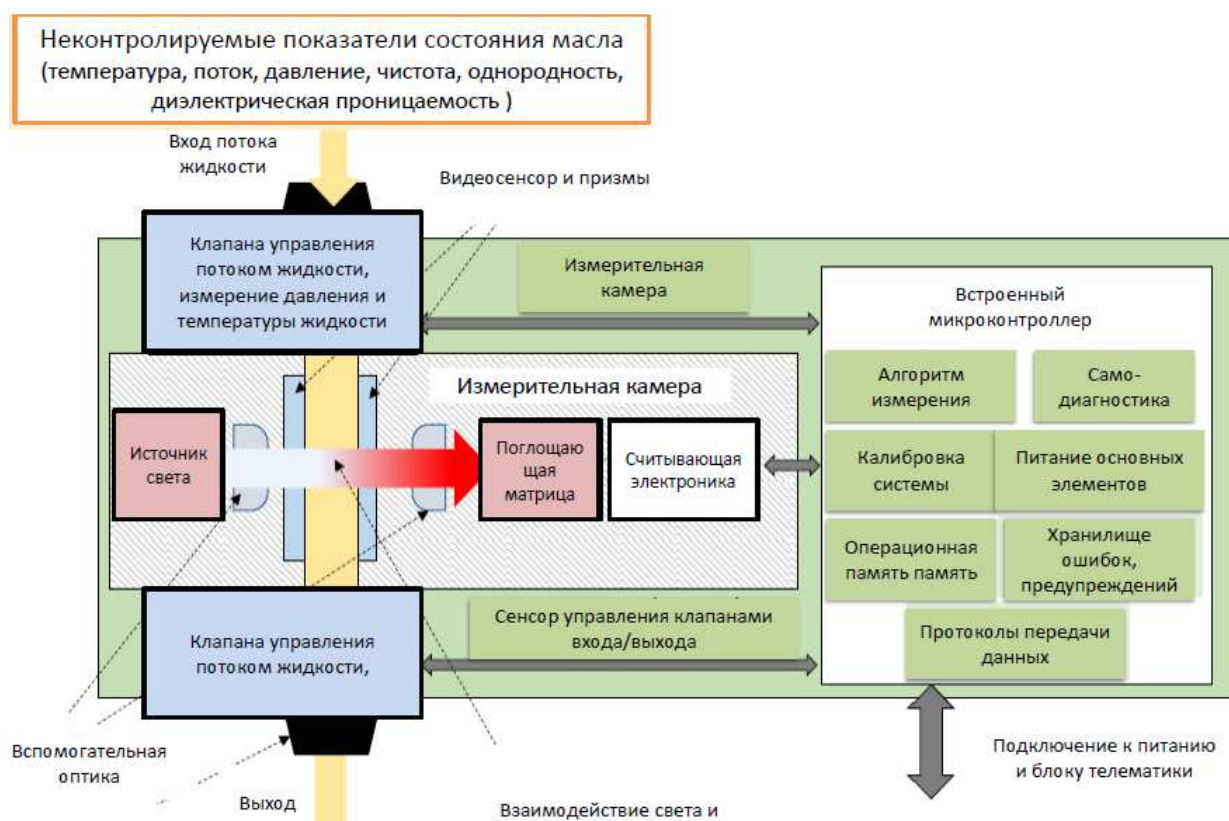


Рис. 1. Схема датчика мониторинга смазочных материалов

Кроме того, в ней проходит отобранный образец жидкости для его анализа. Это очень важный модуль в системе, с высокими требованиями по отношению к управлению гидродинамикой и допускам изготовления и сборки. Например,

данная конструкция не должна допускать образования турбулентности потока, способствовать созданию однородности образца. Кроме того, механические допуски в геометрии камеры влияют на размеры светового пути – расстоянии, которое свет должен преодолеть от излучателя до детектора. Не соблюдение номинальных допусков, резко влияет на измеряемую мощность света из-за экспоненциальной зависимости поглощенного в среде света от расстояния светового пути. Встроенный процессор запускает программное обеспечение, отвечающее за работу излучателя света, призм, работы поглощающей матрицы, алгоритма работы гидравлических затворов, ввода/ вывода информации, самодиагностики и калибровки. Также эта часть занимается всеми вопросами питания, преобразуя входное внешнее напряжение 12/24 вольта на внутренние 5 и 3,3 вольта. Кроме того, встроенный процессор хранит всю необходимую информацию в виде результатов измерений, сигналов тревоги, ошибок и ключевых показателей эффективности, которые чрезвычайно важны для управления жизненным циклом датчика. Электроника также отвечает за реализацию стандартных коммуникационных протоколов (проводных или беспроводных) для обеспечения безопасного, надежного и бесперебойного обмена сигналами. Среди различных комбинаций в составе сенсорных систем можно найти сочетание некоторых из следующих элементов: электроклапаны, регуляторы расхода, ограничители давления, фильтры частиц, датчики давления, датчики температуры, насосы и т.д.



Рис. 2. Возможная компоновка измерительной части датчика

В конструкции датчиков по возможности необходимо избегать применение громоздких гидравлических компонентов, которые ставят под угрозу потенциальную низкую стоимость и необходимые компактные размеры.

## Список литературы

1. Lee J., Bagheri B., Kao and H.A. (2015). *A Cyber Physical Systems architecture for Industry 4.0 based manufacturing systems*, *Manufacturing Letters*, pp. 18-23.

2. Evans P.C. and Annunziata M., (2012). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Mind and Machines*. White paper, General Electric.

## ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСХОДОМ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПЕРЕМЕННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ

А.А. Пешехонов, Д.Г. Митрошин, М. Чернуха  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет),  
г. Санкт-Петербург

*Аннотация.* Для автоматических систем управления загрузкой технологических аппаратов рассмотрена возможность компенсации возмущений по изменению гранулометрического состава зернистого материала за счёт использования естественных свойств пневматических питателей. Приводятся результаты экспериментальных исследований.

Современное промышленное производство составляют автоматизированные технологические комплексы (АТК), каждый из которых в свою очередь представляет собой совокупность взаимодействующих элементов: технологического процесса, технологического оборудования и средств автоматизации. АТК – это не просто совокупность двух разнородных систем, объекта управления и системы управления, но целостная система, элементы которой связаны друг с другом не всегда очевидными зависимостями. Взаимопроникновение функций этих составляющих АТК во многих случаях теснее, чем это традиционно представляется. Функции контроля и управления зачастую заложены в принципы функционирования аппаратов, с помощью которых осуществляются заданные технологические воздействия на объекты переработки. Среди известных примеров использования характеристик и параметров материалов и оборудования в качестве источников информации и управляющих воздействий можно перечислить следующие:

- использование характеристик привода вентилятора сепаратора в качестве исходной информации для оценки тонкости помола [1];
- использование характеристик привода мешалки в качестве исходной информации для оценки вязкости реакционной массы или шлама [2];
- разгрузка сушильного аппарата кипящего слоя за счёт естественного уноса выноса частиц высушенного материала [3, 4];
- применение пневмовинтового подъёмника клинкера в качестве расходомера [5];

- применение пневматического подъёмника сыпучего материала в качестве исполнительного устройства (ИУ) АСР технологических параметров, дозатора, расходомера и демпфирующей ёмкости [6].

В качестве примера рассматриваются возможности применения вертикального пневматического питателя ([7]) для зернистых сыпучих материалов (ЗСМ) в качестве ИУ АСР процесса тонкого измельчения твёрдых частиц при наличии возмущения по гранулометрическому составу исходного материала.

Вертикальный пневматический подъёмник может быть использован, в частности, для питания циклонных теплообменников в процессе обжига клинкера в производстве строительных материалов [5]. Для загрузки смесительной камеры подъёмника на практике используется механический питатель. Однако сейчас существуют конструктивные решения, в которых не предусмотрено применение каких-либо механических устройств, например, вертикальный пневматический питатель (ВПП). Такой подъёмник одновременно служит и для измерения расхода сыпучего материала по косвенному параметру – давлению в смесительной камере. Сжатый воздух для управляемого перемещения ЗСМ подаётся от индивидуального воздуходувного агрегата, мощность которого выбирается в соответствии с плотностью частиц перемещаемого материала. В частности, для перемещения гранул с плотностью вещества до  $2 \text{ т/м}^3$  успешно применяются центробежные вентиляторы. При возможности обеспечения необходимого расхода воздуха, последний может подаваться и от общей сети воздуха КИП предприятия. В общем случае ВПП представляет собой проточную камеру, в которую через загрузочный трубопровод под действием силы тяжести или внешнего давления непрерывно подаётся ЗСМ. В неё же с переменным расходом подаётся воздух или иной газ, который смешивается в камере с ЗСМ или выносится из неё в составе двухфазной смеси «газ – сыпучий материал». Величина выходного расхода ЗСМ является функцией давления в камере, которое, в свою очередь есть функция расхода газа. Массовый расход твёрдой фазы  $F_M$  связан с объёмным расходом газа (воздуха)  $Q_B$  зависимостью [6]

$$F_M = [Q_B - S_{BC} \cdot \Delta v(Q_B, \delta_M, D_{BC}/\delta_M, B_K)] \cdot \rho_M \cdot \sigma_V(Q_B, \delta_M, D_{BC}/\delta_M, B_K) \quad (1)$$

Здесь  $S_{BC}$  – площадь проходного сечения выпускного ствола;

$\Delta v$  – разность скорости воздуха и средней скорости частиц;

$\delta_M, \rho_M$  – средний размер и плотность частицы соответственно;

$D_{BC}$  – диаметр выпускного ствола;

$B_K$  – коэффициент, определяемый конструкцией выпускного узла камеры;

$\sigma_V$  – истинная объёмная концентрация твёрдой фазы в потоке.

Зависимость (1) не может быть определена аналитически, т.к. в свою очередь определяется неизвестными многопараметрическими связями скорости и объёмной концентрации частиц с расходом воздуха. Здесь играют роль как абсолютные значения аргументов, так и конструктивные характеристики ИУ ВПП. Вместе с тем, эксперименты на пилотных установках позволяют выявить неопределённость и применить полученные данные на практике. ВПП предназначен, в основном, для работы в качестве ИУ АСР технологических



процессов, в которых управляющее воздействие реализуется в виде переменного расхода ЗСМ. Помимо этого, практически без изменения конструкции и принципа действия, но только за счёт варьирования режимных параметров, на ёмкости с тремя трубопроводами, не содержащей подвижных элементов реализуются новые способы дозирования, а также измерения расхода ЗСМ, на которые получены четыре патента РФ. По основному назначению ВПП может применяться для подачи уже частично измельчённого материала в агрегаты тонкого помола, а также для загрузки влажного гранулированного материала в сушильные агрегаты. В обоих случаях расход исходных материалов на загрузке определяется размером измельчаемых частиц: чем меньше средний размер частиц, тем более эффективно происходит процесс, и тем интенсивнее д. б. подача материала в технологический аппарат. Для этой цели разрабатываются инвариантные АСР, воспринимающие гранулометрический состав исходного материала как контролируемое возмущение. Проблема состоит в том, что измерение гранулометрического состава при массовой загрузке агрегатов осуществить с требуемой точностью достаточно сложно. Экспериментальное определение расходных характеристик ВПП показало, что имеет место существенная обратно пропорциональная зависимость между размером частиц и расходом на выходе питателя. Этот факт обеспечивает естественную коррекцию расхода на загрузке ЗСМ в технологические аппараты. Эксперименты на полупромышленных макетах питателей (максимальный расход твёрдой фазы до 400 кг/час) показали, что при изменении среднего размера частиц ЗСМ, имеющих практически одинаковую плотность, с определяющим размером частицы от  $\delta_M = 0,2 \cdot 10^{-3}$  м до  $\delta_M = 2 \cdot 10^{-3}$  м, средний расход материала  $F_M$  уменьшается в 14 – 17 раз, причём бóльшая кратность соответствует бóльшему диаметру выпускного ствола (таблица).

Результаты измерения расхода зернистого материала

$\delta_M \cdot 10^{-3}$ , м	$D_{BC} \cdot 10^{-3}$ , м	$F_M \cdot 10^{-3}$ , кг/с	$\eta = F_{M1}/F_{M2}$
$\delta_{M1} = 0,2$	32	334	17,3
$\delta_{M2} = 2,0$		19,3	
$\delta_{M1} = 0,2$	20	64	13,6
$\delta_{M2} = 2,0$		4,7	

Причины существенной разницы расходов, с одной стороны, очевидны: для больших частиц по сравнению с более мелкими больше скорость витания, и движение по выпускному стволу происходит в более стеснённых условиях. Однако взаимное трение и сопротивление воздуху больше у мелких частиц, имеющих большую суммарную поверхность. Кроме того, существенное влияние на сопротивление движению оказывает и форма частиц. Определить влияние комплекса противоречивых факторов теоретически в таком случае практически сложно. Очевидно, что существенно проще, производя соответствующие экспериментальные измерения, определить конструктивные и режимные

параметры пневматического питателя, обеспечивающие выполнение с его помощью не только функции изменения расхода, но и функции его регулирования в условиях возмущения по гранулометрическому составу.

### Список литературы

1. Пешехонов А.А. Информационные модели промышленных сепараторов / А.А. Пешехонов, В.В. Куркина // Сб. трудов МНТК ММТТ-17. Т. 10. – Кострома: КГТУ, 2004. – С. 23-24.
2. Дворкин Л.С. Автоматический контроль технологических процессов в промышленности строительных материалов / Л.С. Дворкин, К.В. Артамонов, Б.И. Крепс. – Л.: Стройиздат, 1981. – 315 с.
3. Тодес О.М. Аппараты с кипящим зернистым слоем: гидравлические и тепловые основы работы / О.М. Тодес, О.Б. Цитович. – Л.: Химия, 1981. – 296 с.
4. Поникаров И.И. Машины и аппараты химических производств / И.И. Поникаров [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
5. Кочетов В.С. Автоматизация производственных процессов и АСУП промышленности строительных материалов / В.С. Кочетов, В.И. Кубанцев, А.А. Ларченко [и др.]; под ред. Кочетова В.С. – Л.: Стройиздат, 1986. – 367 с.
6. Митрошин Д.Г. Многофункциональные пневматические системы для автоматического дозирования, контроля и регулирования расхода сыпучих материалов / А.А. Пешехонов, И.В. Рудакова, Д.Г. Митрошин, М. Чернуха // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2020. – №53(79). – С. 80-86.
7. Патент № 2554327 Российская Федерация, МПК G01F 13/00 (2006.01). Способ автоматического управления непрерывным расходом сыпучего материала и устройство для его осуществления: № 2014115766/28: заявл. 18.04.2014; опубл. 18.04.2014 / Пешехонов А.А. – 6 с.

## РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОЧНОГО NIR АНАЛИЗАТОР

А.Ш. Зиануров, И.А. Вялых, А.Г. Шумихин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
г. Пермь

**Аннотация.** Для определения октанового числа бензина после компаундирования на объекте НПЗ используется поточный NIR анализатор качества. Данный прибор работает на основе калибровочной модели. Со временем эти калибровочные модели устаревают и необходимо их актуализировать. С целью мониторинга состояния и результатов измерения поточного NIR анализатора разработан пользовательский интерфейс.

Новые калибровочные модели создаются путём интеграции информации из PI-System. Формируется новая база данных, включающая результаты

лабораторного контроля, измерения поточного анализатора, файлы спектров поточного анализатора, синхронизированные во времени. Полученные данные заносятся в специализированное программное обеспечение для создания калибровочных моделей анализатора [1, 2].

Для разработки алгоритмов и программных кодов с целью решения задач мониторинга состояния и результатов измерений поточного NIR анализатора качества бензина и его калибровки используется интегрированная среда разработки Visual Studio фирмы Microsoft. Алгоритмы и программные коды разрабатываются на языке C# и на языке разметки гипертекста веб-страниц (HTML). Данный метод мониторинга основан на интеграции данных из PI-System и представлен результатами лабораторного анализа, измерения поточного NIR анализатора, синхронизированных во времени.

Для контроля над результатами измерения поточного анализатора основанного на интеграции информации из PI-System, разработан пользовательский web-интерфейс (рис.1).

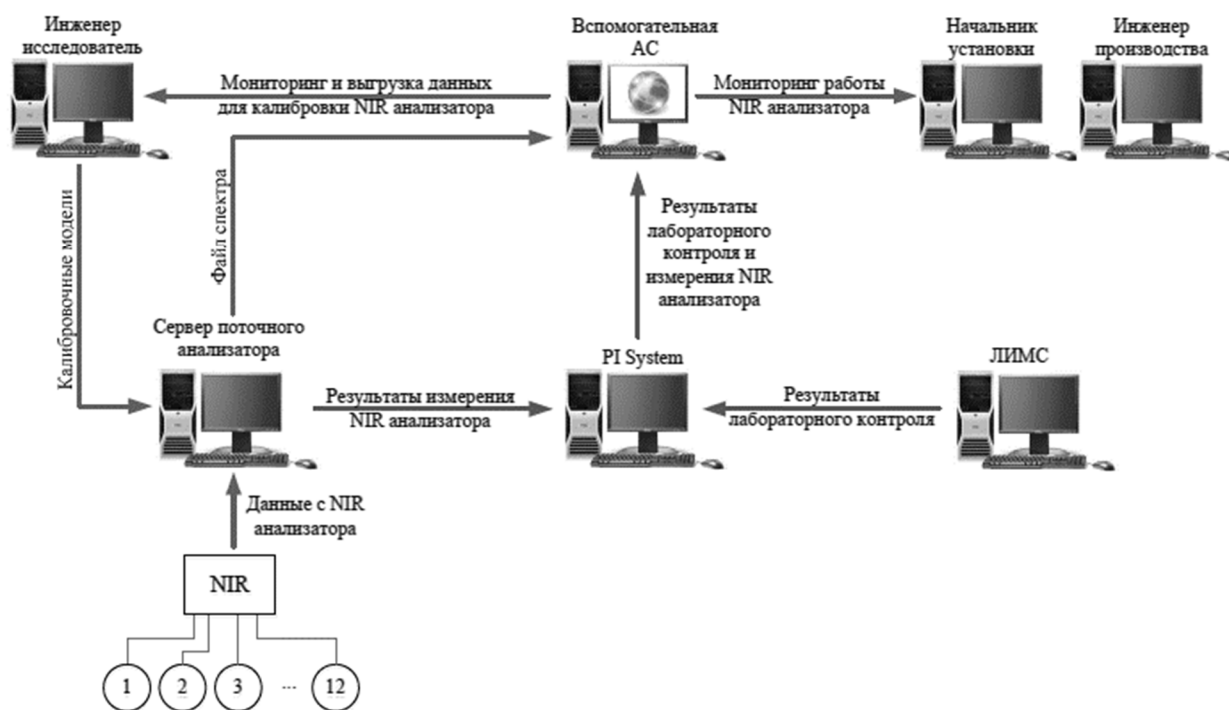


Рис. 1. Структурная схема передачи информации на объекте НПЗ

На вспомогательной АС находится web-интерфейс (рис.2).

Имеются 2 группы пользователей, которые разделены по правам доступа. 1 группа-это пользователи, которые могут только наблюдать за результатами лабораторного анализа и измерениями поточного NIR анализатора, а 2 группа – могут наблюдать и экспортировать данные для создания калибровочных моделей.

Основными вкладками web-интерфейса являются вкладки «Бензин 92» и «Бензин 95». На вкладках представлены графики, где отражаются результаты измерения, полученные в результате лабораторного анализа и в результате измерения поточным NIR анализатором по исследовательскому методу (RON) и по моторному методу (MON).

## 92 бензин.

Введите начало временного интервала

Введите конец временного интервала

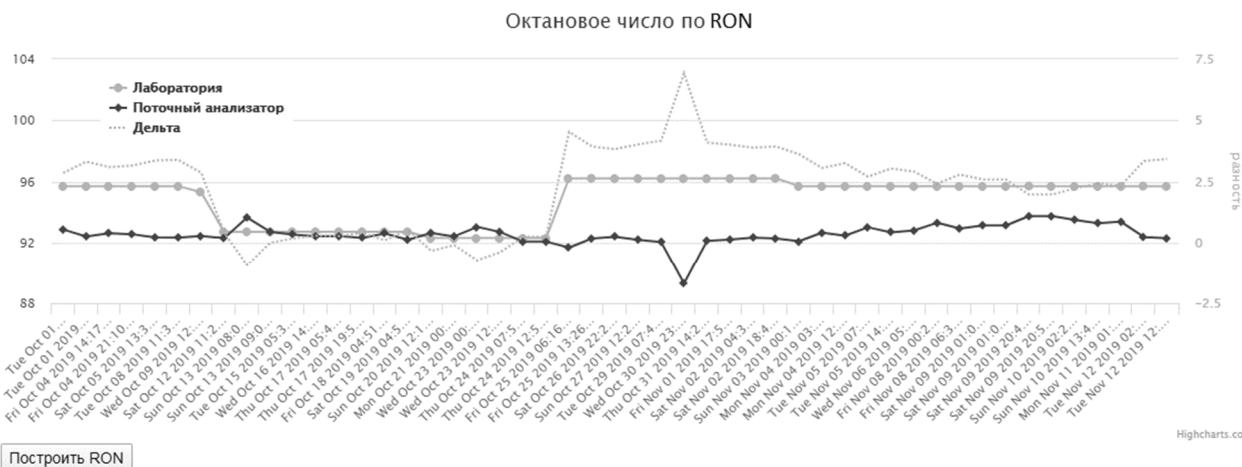


Рис. 2. Фрагмент вкладки «Бензин 92» метод RON

Полученные графики позволяют наблюдать за состоянием поточного NIR анализатора, т.е. определить сильно ли расходятся результаты измерения, полученные в результате лабораторного анализа и в результате измерения поточным NIR анализатором. И в зависимости от результатов мониторинга принимается решение о перекалибровке анализатора.

### Список литературы

1. Зиануров А.Ш. Формирование базы данных для создания калибровочных моделей поточного анализатора / А.Ш. Зиануров, И.А. Вялых // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2020. – № 2. – С. 113-122.
2. Зиануров А.Ш. Система мониторинга состояния поточного NIR-анализатора / А.Ш. Зиануров, И.А. Вялых // Материалы Всероссийской научно-практической конференции ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА, 23-24 апреля 2020 г. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020. – С. 290-293.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

А.И. Чинёнова, А.А. Маслова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена возможность применения современных технологических решений для повышения энергосберегающих свойств систем теплоснабжения, были выявлены достоинства и недостатки мероприятий по модернизации тепловых пунктов.

Большая часть центральных тепловых пунктов требуют срочной реконструкции, так как уже давно выработали свой ресурс. Центральные тепловые пункты (ЦТП) являются большим комплексом взаимосвязанных между собой устройств различного назначения: водонагреватели, насосы для горячей и холодной воды, узлы учета тепла и воды, запорно-регулирующая арматура, приборы для измерения и контроля параметров.

Электрическая энергия во всем мире уже довольно долгое время используется для нужд теплоснабжения. В нашей стране широкое применение получила комбинированная выработка электрической и тепловой энергии, что во многом снижает потребление электрической энергии на горячее водоснабжение и отопление, поскольку отпуск теплоты от отборов теплофикационных турбин имеет высокую эффективность. При этом современный прогресс в развитии технологий открывает более энергосберегающие способы использования электроэнергии в системах централизованного теплоснабжения. Для этого можно выделить мероприятия по модернизации центральных тепловых пунктов, к ним относятся следующие:

1. использование оборудования частотно-регулируемого привода на насосах холодного и горячего водоснабжения (ХВС и ГВС);
2. автоматизация ЦТП;
3. диспетчеризация;
4. замена кожухотрубных теплообменников на пластинчатые;

Рассмотрим подробнее каждое мероприятие.

Частотно-регулируемый привод (частотно-управляемый привод (ЧУП), Variable Frequency Drive (VFD)) – система управления частотой вращения ротора асинхронного (или синхронного) электродвигателя. Привод состоит из электродвигателя и частотного преобразователя. Частотный преобразователь – это устройство, служащее для изменения частоты электрического тока (напряжения), которое состоит из выпрямителя (моста постоянного тока), преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный, и инвертора (преобразователя), преобразующего постоянный ток в переменный требуемых частоты и амплитуды. Их преимущества заключаются в том, что на эти насосы приходится значительная часть потребляемой на центральных тепловых пунктах (ЦТП) энергии; производительность насосов меняется в широком диапазоне; давление на всасывающем трубопроводе носит переменный характер.

Автоматизация и диспетчеризация центральных тепловых пунктов (ЦТП)

Автоматизация ЦТП сама по себе уже подразумевает наличие частотно-регулируемых приводов, так как они являются одной из подсистем управления оборудованием теплового пункта. Системы автоматизации ЦТП предназначены для более эффективного управления его технологическим оборудованием. Модернизация системы подразумевает выполнение следующих условий:

- автоматическое поддержание заданного давления воды в прямом и обратном трубопроводе;
- дистанционное управление работой насосов и задвижек;
- визуализация технологического процесса на рабочем месте оператора;

- сбор, обработка и выдача статистических данных об объемах перекачанной воды и статусе насосных агрегатов;
- заданная температура в системе отопления в зависимости от температуры окружающего воздуха.

В результате полной модернизации ЦТП и установки современных экономичных теплообменного парка оборудования снижаются потери тепла при его передаче конечному потребителю и, в конечном итоге, эффективность городской системы теплоснабжения в целом существенно растет. Монтаж автоматических систем регулирования, установка насосов смешения позволяют более точно поддерживать необходимые характеристики, среди которых, необходимая температура и давление в трубопроводах систем отопления и горячего водоснабжения. Установка частотно-импульсных преобразователей на электродвигателях насосов позволяет снизить расход электроэнергии энергоемким оборудованием, увеличить ресурс оборудования и надежность его работы.

В целом установка современного энергосберегающего оборудования с высокой степенью автоматизации технологических процессов позволяет повысить технический уровень распределения тепловой энергии, создать устойчивую тенденцию к дальнейшему снижению энергозатрат и повышению качества предоставляемых потребителям услуг по теплоснабжению и горячему водоснабжению.

Внедрение систем автоматического регулирования зависимых систем отопления.

При автоматизации процесса работы ЦТП одной из поставленных задач является регулирование температуры теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды. Этот процесс является относительно новым на ЦТП и его следует рассмотреть более подробно. Система регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды работает в межсезонье (весной и осенью), когда ЦТП не в состоянии оперативно отреагировать на изменение температуры наружного воздуха и вовремя снизить температуру теплоносителя. Система компенсирует перепады температуры, одновременно поддерживая гидравлический баланс системы отопления. Регулирование реализуется по заданному температурному графику отопления с учетом реальных измеренных значений температур наружного воздуха. При этом система автоматически производит коррекцию выбранного температурного графика.

Замена кожухотрубных теплообменников на пластинчатые. [3]

Преимущества пластинчатых теплообменников над кожухотрубчатыми сказано достаточно много в различных источниках.

Компактность. Основным фактором при размещении и компоновке оборудования является его компактность. Компактность достигается за счет того, что в пластинчатом теплообменнике коэффициент теплопередачи имеет более высокое значение. Теплопередающая поверхность пластины составляет 99,0-99,8% от общей площади пластины. Присоединительные порты находятся на одной стороне теплообменника, что упрощает монтаж теплообменника и его

подключение. Кроме того, при проведении ремонтных работ требуется ремонтная площадка гораздо меньшей площади.

Малая величина недогрева. Протекание среды тонким слоем с сильной турбулизацией потока обеспечивает высокую теплопередающую способность теплообменника. Гофрированная поверхность пластины позволяет получить турбулентный поток при сравнительно невысоких скоростях протекания потока. Величина недогрева при расчетных режимах может достигать 1-2°C. Для лучших образцов кожухотрубных теплообменников эта величина составляет 5-10°C.

Низкие потери давления в теплообменнике. Конструкция пластинчатых теплообменников позволяет плавно менять общую ширину канала. Снижение максимальной величины допустимых гидравлических потерь может быть достигнуто путем увеличения количества каналов в теплообменнике. Снижение гидравлического сопротивления позволяет снизить расход электрической энергии на насосах.

Низкие трудозатраты при ремонте оборудования. Проведение периодических ремонтов всегда связано с проведением разборно-сборочных работ. Разбор кожухотрубного теплообменника является весьма сложным инженерным мероприятием. Извлечение трубного пучка возможно только с использованием подъемных механизмов и занимает достаточно длительный период времени.

Ввиду устаревшего на данный момент оборудования, используемого в ЦТП, данная мера будет очень эффективна.

### **Список литературы**

1. *Макотрина Л.В., Селех Е.В. Энергосбережение в центральных тепловых пунктах; Иркутский государственный технический университет, Иркутск. [Электронный ресурс] Режим доступа – <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberezhenie-v-tsentralnyh-teplovyyh-punktah>*
2. [Электронный ресурс] Режим доступа - [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3102](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3102)
3. [Электронный ресурс] Режим доступа - <https://skyprom.ru/news/zamena-kozhukhotrubchatykh-teploobmenikov-na-plast/>

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗА ТЕПЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ**

А.И. Чинёнова  
Тульский государственный университет,  
г. Тула

***Аннотация.** В данной статье рассмотрен автоматизированный мониторинг, как один из способов повышения надежности тепловых сетей. Проанализированы преимущества систем автоматизированного мониторинга и необходимость применения конкретного вида системы.*

Проблема обеспечения безопасности в тепловых установках в настоящее время становится все более актуальной. В последнее время происходит интенсивный процесс внедрения информационно-измерительных технологий в тепло-энергетическую промышленность. Повышение надежности, экономичности и экологичности тепловых сетей зависит не только от совершенствования их уровня технической эксплуатации, но и от своевременного ввода в действие новых прогрессивных технологий и технических новшеств в виде проектов и мероприятий.

Мониторинг – это непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта в сравнении с заданными критериями [1].

Основные преимущества использования систем автоматизированного мониторинга за состоянием тепловых сетей:

- 1) Получение данных в реальном времени с любого удаленного места;
- 2) Непрерывность мониторинга различных объектов;
- 3) Удобное расположение сенсоров измерительной системы, не зависящее от ручного управления оператором;
- 4) Сбор данных, предварительный анализ информации и ее отправка в любое место через Интернет;
- 5) Автоматическое уведомление оператора о любом смещении за пределы установленного диапазона;
- 6) Экономически выгоднее, так как автоматические наблюдения позволяет отказаться от участия человека;
- 7) Исключение «человеческого фактора», так как автоматические наблюдения более достоверны.

В настоящее время большая часть систем наблюдения настроена на предупреждение аварийных ситуаций, в следствие чего можно сделать вывод о том, что новые средства наблюдения должны включать в себя два режима работы:

- наблюдение и непрерывный контроль;
- учет динамики развития ситуации.

Процесс мониторинга предполагает контроль параметров состояния установки и окружающей природной среды в течение длительного времени для оперативного мониторинга обнаружения аварийных выбросов или резкого изменения технологических параметров.

Результаты мониторинга передаются на терминал дежурного, установленный на центральном посту, а также диспетчеру производства.

Для тепловых сетей целесообразно применить автоматизированную систему деформационного мониторинга (АСДМ), которая позволяет непрерывно выполнять измерения деформации (смещения) всех элементов конструкции.

Датчики спутниковые (ГЛОНАСС/GPS) и цифровые геотехнические, входящие в состав автоматизированной системы деформационного мониторинга (АСДМ) помогают выявить деформации объектов, выходящих за пределы нормативного диапазона. При этом обеспечивается сантиметровый уровень точности при любых погодных и климатических условиях в режиме реального



времени, используя соответствующую спецификацию и конфигурацию АДСМ. Принцип измерений позволяет определить пространственное положение любой точки объекта с одинаковой точностью и оперативностью. Результаты измерений различных датчиков обеспечивают информацию об условиях эксплуатации объектов и их влияние на геометрическую стабильность и устойчивость объектов.

Одна из лидирующих компаний в области деформационного мониторинга – LeicaGeoMoS (Швейцария). Ее программное обеспечение LeicaGeoMoS состоит из нескольких приложений:

- GeoMoSMonitor работает в режиме реального времени, собирает, обрабатывает и накапливает данные, отображает их на экране, проверяет данные на вхождение в установленные допуски и оповещает определенных лиц;
- GeoMoSAnalyzer работает в автономном режиме, предназначено для просмотра и анализа накопленных данных;
- GeoMoSHiSpeed собирает и обрабатывает данные от GNSS-приёмников в высоком темпе (до 20 Гц), предназначено для профессионального принятия решения, основанного на анализе больших потоков данных;
- GeoMoSAdjustment отвечает за вычисление сетевых поправок (уравнивание), анализ деформаций и сетевое моделирование.

LeicaGeoMoS хранит все измерения и результаты обработки в открытой базе данных MySQL, к которым можно обратиться локально или удаленно, используя приложения

LeicaGeoMoSAnalyzer, LeicaGeoMoSAdjustment или иное программное обеспечение.

Для точного установления причин обнаруженного движения и прогнозирования развития событий LeicaGeoMoS соединяет в систему геодезические (электронные тахеометры и датчики GNSS) и геотехнические датчики:

- тахеометры серий Leica TM50, TS50, TS15, TM30, TS30, TPS1100, TPS1200, TPS1200+, TCA1201M, TPS1800 и TCA2003, TPS LeicaViVa;
- мультистанцию Leica MS50;
- спутниковые GNSS-датчики GPS SystemLeicaViVa, серию GMX900;
- Leica GNSS Spider для расширенного GNSS-мони торинга;
- нивелиры Leica DNA и Leica Sprinter;
- датчики наклона Leica Nivel210/220;
- метеорологические датчики (температура, давление и т. п.);
- интерфейс для подключения регистраторов данных

CampbellScientifi с: геотехнические датчики для измерения влияния внешних условий, например, экстензометры (для измерения линейных деформаций), пьезометры (для измерения сжимаемости газов), датчики напряжения, инклинометры, термометры, барометры, датчики дождя и другие [8].

В дополнение к стандартным средствам связи LeicaGeoMoS также поддерживает сетевой протокол связи TCP/IP, который позволяет использовать технологию Ethernet и мобильные сети.

Таким образом, комплексные АСДМ позволяют выполнить анализ причин деформаций и моделировать прогноз поведения объектов в целом и отдельных их конструктивных элементов в частности.

### Список литературы

1. <https://kartaslov.ru>
2. Носкова А.И., Токранова М.В. Обзор автоматизированных систем мониторинга; Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I- Санкт-Петербург, [magistrpgups@rambler.ru](mailto:magistrpgups@rambler.ru)
3. Панарин В.М. Автоматизированные системы экологического мониторинга атмосферы промышленно развитых территорий / В.М. Панарин [и др.]; Тульский государственный университет. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – 164с.

## АРХИТЕКТУРНАЯ АДАПТАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ ПОД НОВЫЕ ФУНКЦИИ

К.С. Шишова

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,  
г. Тула

*Аннотация.* Доклад посвящен вопросу реконструкции и адаптации промышленных зданий и прилегающих к ним территорий под меняющиеся запросы и потребности современного города. Рассмотрены возможные факторы, влияющие на выбор новых функций зданий, утративших свое первоначальное предназначение и целесообразность подобной реновации.

Многочисленные промышленные объекты и прилегающие к ним территории некогда формировали особый облик и отличительные черты многих промышленных городов. На сегодняшний день множество подобных объектов все еще существует, но не используется, представляя собой некие «пятна» на теле города, оторванные от городской среды. Многие промышленные объекты XVIII – начала XX веков являются памятниками архитектуры. Очень важно сохранить их и приспособить для дальнейшего использования. В условиях плотной городской застройки подобные объекты и территории представляются перспективными для адаптации под новые функции и создания нетривиальных элементов современной городской среды.

Опыт реновации прошлых лет определил некоторые методы преобразования заброшенных территорий, однако на текущий момент ещё не сформулирован алгоритм определения новой функции здания с учётом современных тенденций развития городской среды. Одной из главных составляющей реновации бывших промышленных территорий является выбор целевой функции. Российский опыт показывает, что на сегодняшний день функцию выбирают на основании текущей экономической конъюнктуры на

рынке недвижимости, а также в качестве площадки для размещения объекта по какой-либо целевой программе. Еще одним важным принципом является создание экологически чистой территории: «формирующаяся территория, как правило, наделяется признаками повышенного экологизма...» [1, с. 12]. В подавляющем большинстве случаев существующие постройки полностью сносятся, и территория подготавливается под новую жилую застройку. Сохраняют только исторические охраняемые объекты, или современные многоэтажные здания, конструкция и несущая способность которых рассчитана на промышленные нагрузки и, следовательно, позволяет приспособить их под торговый центр.

Решение об изменении целевого назначения промышленных территорий должно приниматься на основании анализа, учитывающего факторы не только собственно промышленной площадки, но и окружающей планировочной системы. Изменение назначения промышленной площадки затрагивает всю планировку: меняются пути транспортного и пешеходного движения, транспортная нагрузка на дорожную сеть, изменяются элементы социальной системы, которые «подстраиваются» под новые пути движения людей [2].

При изучении данной темы были выявлены критерии анализа выбора новой функции заброшенного промышленного предприятия:

1) историко-архитектурный анализ (выявление стилистической направленности архитектуры предприятия, архитекторов, участвовавших в проектировавших объект, историко-архитектурной значимости зданий или сооружений для города);

2) анализ сохранности предприятия (оценка современного состояния предприятий и подразделение их на: предприятия с высокой степенью сохранности застройки; предприятия, утратившие отдельные выдающиеся объекты или значительную часть ценной застройки; предприятия с полностью разрушенной исторической застройкой; предприятия с сохранившимся одним видом исторических зданий; предприятия с качественной в архитектурном отношении современной застройкой. Сохранность застройки обычно оценивается по степени ее износа (до 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, более 60 %);

3) градостроительный анализ (изучение территории предприятия, его транспортной, пешеходной и планировочной структуры);

4) функционально-конструктивный анализ (анализ функционально-конструктивного соответствия новой функции);

5) средовой анализ (анализ сохранности среды, качество благоустройства, выявление элементов преемственности);

6) экономический анализ (вычисление стоимости затрат на изменение в градостроительной и транспортной системах, при необходимости – на подготовку площадки для нового строительства);

7) социокультурный анализ (при выборе возможных направлений изменения целевого назначения промплощадок всегда «доминируют социокультурные проекты. Их задача состоит в том, чтобы обеспечить переоценку территории жителями города, инвесторами, арендаторами, туристами. Поворот совершается на ценностных основаниях» [1, с. 22]).

По результатам проведённого анализа выбираются конкретные уровни архитектурной адаптации объектов индустриального наследия к новой функции. В различных научных статьях описываются способы преобразования промышленных площадок, утративших своё назначение. Например, Т.Ю. Быстрова подробно анализирует эти способы и определяет источник инфраструктурных изменений промышленных территорий: «По мере переноса промышленных предприятий и элементов транспортной инфраструктуры за границы постиндустриальных городов встаёт вопрос о путях изменения состояния нарушенных территорий» [1, с. 21]. Согласно теориям постиндустриализма, этот процесс придаёт городу потенциал развития, он переходит на новый качественный уровень и становится «городом для человека», а не «городом для промышленности» [2]. Крупные современные города для эффективного роста экономики и социального благополучия граждан нуждаются в стратегическом планировании и прогнозировании своего территориально-пространственного развития, которое, по мнению многих специалистов, должно основываться на концепции устойчивого развития [3].

В настоящее время необходимость развития промышленных территорий, потерявших актуальность и экономическую целесообразность в связи с технологической деактуализацией и неспособностью перейти на новый этап развития широко обсуждается специалистами на различных уровнях. Минстрой России рассматривает программу, включающую в развитие подобных депрессивных территорий создание новых рабочих мест при редевелопменте застройки [4].

Основной задачей при реабилитации пустующих заброшенных промышленных территорий является внедрения производства в городскую среду. Сложность интеграции производства в городскую среду заключается во взаимодействии социально-экономической и территориально-пространственной составляющих. Опыт индустриального прошлого нашей страны, основанный в большей степени на функциональном зонировании и создании крупных изолированных промышленных территорий, в настоящий момент перестал быть актуальным с социальной точки зрения.

Существующие гибкие здания являются примерами будущей промышленной архитектуры, легко приспосабливающейся к изменениям в технологическом процессе, желаниям заказчика и изменениям объёмов выпускаемой продукции. В настоящее время популярность приобретает идея создания производственных зданий, предназначенных для сдачи в аренду различным компаниям, – система уже оправдала себя с офисными и административными зданиями. Такая схема нередко используется в технопарках, предоставляющих необходимые помещения, условия и инфраструктуру разработчикам и производителям в основном инновационных направлений [5].

Задача, стоящая перед современными архитекторами и урбанистами, заключается в поиске новой пространственной и художественной формы промышленной составляющей города, которая окажется как экономически эффективной, так и социально приемлемой. Полифункциональность

пространств современных городов на различных пространственных уровнях – начиная от района и заканчивая отдельно взятыми зданиями – позволяет предположить возможность внедрения производства в состав многофункциональных городских комплексов.

### Список литературы

1. Антюфеев А.В. Градостроительная реновация депрессивных производственных территорий в крупных индустриальных городах (на примере Волгограда) / А.В. Антюфеев // Биосферная совместимость: мат-лы общего собрания РААСН в Курске. – 2015. – № 9. – С. 100-105.

2. Быстрова Т.Ю. Реабилитация промышленных территорий городов: теоретические предпосылки, проектные направления / Т.Ю. Быстрова // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 3. – С. 21-24 (ч. I); 2013. – № 4. – С. 21-26 (ч. II).

3. Ковалев Д.А. Постиндустриальное общество и виртуализация экономики в развитых странах и России / Д.А. Ковалев // Проблемы современной экономики. – 2004. – № 4 (12). – С. 98-100.

4. Мазаев Г.В. Влияние идей постиндустриализма на развитие промышленных городов Урала / Г.В. Мазаев, Е.Ю. Верховых // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 4. – С. 11-16.

5. Проскурин Г.А. Современные принципы построения промышленных зданий / Г.А. Проскурин // Вестник ОГУ. – 2011. – № 9. – С.170-177.

## ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ СТРУКТУР Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> В РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ СО ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Б.Г. Вайнер<sup>1,2</sup>, А.М. Володин<sup>3</sup>, А.В. Шепелин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,  
г. Новосибирск,

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет,  
г. Новосибирск,

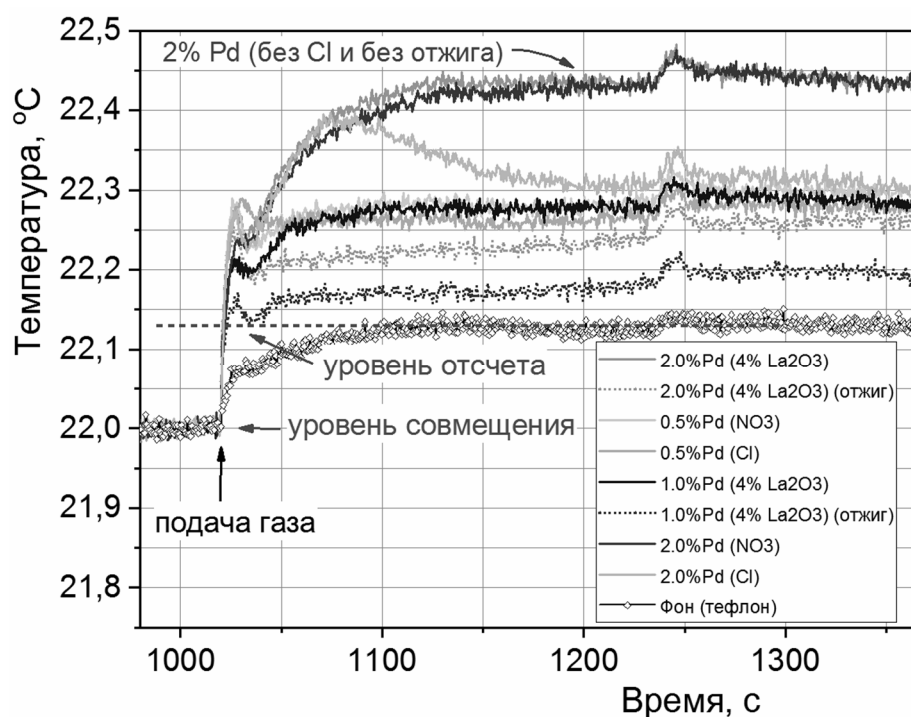
<sup>3</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
г. Новосибирск

**Аннотация.** В условиях комнатной температуры путем применения матричного тепловидения впервые обнаружены тепловые эффекты, сопровождающие взаимодействие оксида углерода с твердотельными структурами Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и свидетельствующие о протекании каталитической реакции окисления СО.

Известно, что характерная температура, необходимая для эффективного протекания каталитической реакции окисления СО на твердотельных структурах Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, заметно выше комнатной (Т > 100 °С). Однако, экзотермический характер этой реакции и высокая чувствительность (на уровне сотых долей

градуса), присущая современному тепловизионному методу [1], позволили поставить интересную задачу о потенциальной возможности обнаружения таких реакций, их количественной характеристики и изучении динамических особенностей в условиях комнатной температуры.

В работе [2] было показано, что при малых (до  $0.5 \div 1$  % вес) концентрациях нанесенного Pd металл стабилизируется на донорных центрах поверхности  $Al_2O_3$  в атомарно-диспергированной ионной форме. При больших концентрациях активный компонент в этой молекулярной системе находится уже в виде сформированных наночастиц PdO либо Pd, стабилизированных на поверхности носителя. Для тепловизионных экспериментов нами были выбраны образцы Pd/ $Al_2O_3$  катализаторов с содержанием нанесенного металла в диапазоне от 0.5 до 2 % вес, полученные из хлоридных (Cl) и нитратных ( $NO_3$ ) прекурсоров, существенно влияющих на каталитическую активность в реакции окисления CO. Исходным носителем служил  $\gamma$ - $Al_2O_3$  (в том числе, с примесью 4 %  $La_2O_3$ ). Ряд структур был подвергнут предварительному «старению» посредством отжига при температуре 1000 °C с сопровождающим такой процесс превращением  $\gamma$ - $Al_2O_3$  в  $\delta$ - $Al_2O_3$ .



Температурные эффекты взаимодействия разнотипных твердотельных структур Pd/ $Al_2O_3$  с молекулами CO в условиях комнатной температуры.

Характеристики образцов, одновременно загруженных в реактор, указаны на вставке.

Величина температурного эффекта после напуска газа определяется относительно установившейся температуры фонового объекта (тефлон) помещенного в реактор вместе с исследуемыми образцами

Серия из девяти образцов разного типа массой по 40 мг помещалась в реактор в виде единой библиотеки и измерялась матричным тепловизором ТКВр-ИФП/СВИТ синхронно в одних и тех же экспериментальных условиях. На рисунке показан результат напуска в реактор газовой смеси CO (4 %) + сухой

воздух (96 %). Экспериментальные кривые демонстрируют, что при этом надежно регистрируется тепловой эффект взаимодействия CO с Pd-содержащими образцами. Максимальный сигнал здесь наблюдается на неотожженных структурах с 2 % вес Pd, полученных из нитратных прекурсоров. Судя по затяжной кинетике процесса тепловыделения, температурный отклик обусловлен стационарно протекающей каталитической реакцией.

Ранее для рассмотренной системы какие-либо сведения о наблюдаемом при комнатной температуре каталитическом эффекте в литературе не встречались. Этот факт, в частности, свидетельствует о широких экспериментальных возможностях тепловизионного метода для проведения подобных низкотемпературных исследований в задачах химической физики, в том числе – при изучении активности катализаторов [3].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-08-00956.*

### Список литературы

1. Vainer B.G. Focal plane array based infrared thermography in fine physical experiment / *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2008. – Vol. 41. – P. 065102.

2. Vedyagin A.A., Volodin A.M., Stoyanovskii V.O., Mishakov I.V., Medvedev D.A., Noskov A.S. Characterization of active sites of Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> model catalysts with low Pd content by luminescence, EPR and ethane hydrogenolysis / *Applied Catalysis B*, 2011. – Vol. 103. – P. 397-403.

3. Vainer B.G. Infrared thermography as a powerful, versatile and elegant research tool in chemistry: Principles and application to catalysis and adsorption / *ChemPlusChem*, 2020. – Vol. 85. – P. 1438-1454.

## НАНОЧАСТИЦЫ Au РАЗНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ CO

Б.Г. Вайнер<sup>1,2</sup>, Б.Л. Мороз<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,  
г. Новосибирск,

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет,  
г. Новосибирск,

<sup>3</sup> Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
г. Новосибирск

**Аннотация.** В реакции окисления CO впервые выявлена высокая степень корреляции экспериментальных данных, синхронно полученных тепловизионным и газоаналитическим методами при определении каталитической активности золотых наночастиц разной дисперсности на поверхности Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Необходимость максимально глубокого изучения физико-химических процессов, сопровождающих при различных внешних условиях окисление «тихого убийцы» – окиси углерода – до углекислого газа, неоспорима. Данной проблеме посвящено большое число научных работ [1]. Низкотемпературное окисление СО актуально для применения в установках очистки воздуха, при решении проблемы снижения уровня вредных выбросов при холодном старте автомобильных двигателей и пр.

Специальный интерес вызывают реакции окисления угарного газа с участием наночастиц золота, нанесенных на развитую поверхность гранул  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Они высокоэффективно работают уже при комнатных температурах и протекают со значительным тепловыделением, что является привлекательным для проведения экспериментальных исследований их динамики с использованием современной высокоскоростной тепловизионной технологии.

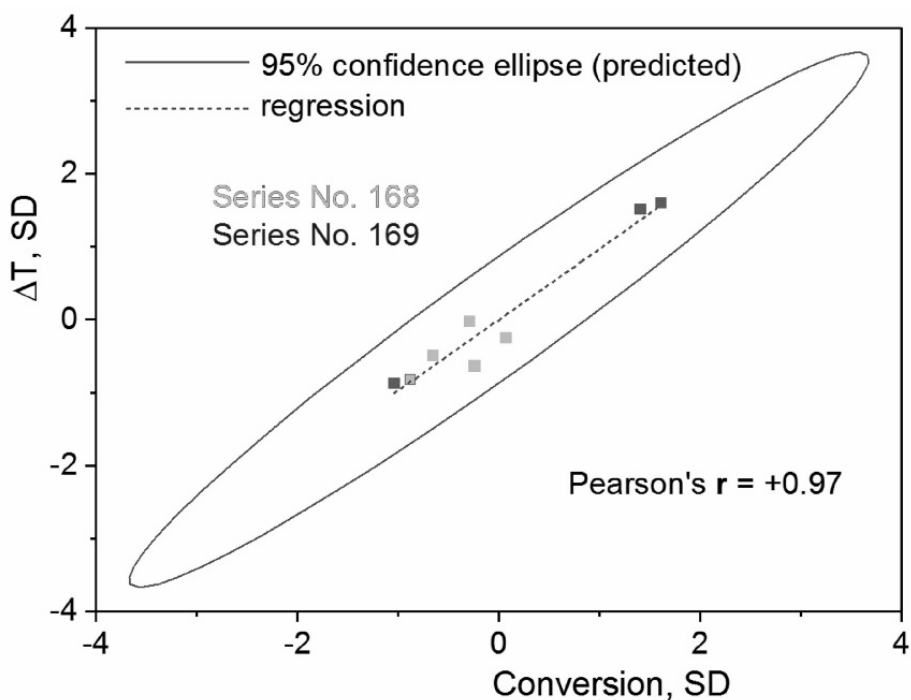
В настоящей работе в качестве носителя каталитически активного компонента (Au) был применен оксид алюминия. Прокаливание образцов  $\text{Au}^{\text{III}}/\text{Al}_2\text{O}_3$  на воздухе при температуре выше  $220\text{ }^\circ\text{C}$  приводит к разложению иммобилизованных комплексов Au(III) с образованием наночастиц металлического золота, средний размер которых зависит, в частности, от температуры прокаливания. Этот факт был использован нами для создания линейки структур с частицами Au разной дисперсности, имевшими средний размер от 1.8 до 8 нм.

Основной интерес представляло сопоставление между собой результатов, полученных в едином цикле измерений на образцах  $\text{Au}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Au}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$  двумя независимыми методами – тепловизионным (с использованием матричного тепловизора ТКВр-ИФП/СВИТ с охлаждаемым детектором) и газоаналитическим (с применением газоанализатора ПЭМ-2М). На рисунке приведены статистически обработанные экспериментальные данные, отражающие реализацию таких исследований. На рисунке приведено сравнение тепловизионных характеристик ( $\Delta T$ ) и эффективности конверсии СО (Conversion), измеренной газоаналитическим методом. Синхронному тесту здесь были подвергнуты одновременно восемь образцов массой 40 мг каждый, входящих в состав единой библиотеки, загруженной в реактор. Единицами на осях графика (рисунок) служат среднеквадратичные отклонения измеренных величин, рассчитанные в соответствии с методикой, предложенной в [2].

Из рисунка видно, что результаты близко коррелируют друг с другом (коэффициент регрессии  $r$  близок к единице) и согласованы (все экспериментальные точки лежат внутри 95-процентного эллипса предсказанных значений).

Описанный выше результат сопоставления тепловизионных и газоаналитических экспериментальных данных, впервые полученный на образцах золотого катализатора с варьируемой дисперсностью наночастиц Au, служит серьезным аргументом в пользу возможной замены тепловидением некоторых стандартных методик, применяемых для определения каталитической активности катализаторов, что было заявлено в [1].





Статистическое сопоставление тепловизионных и газоаналитических измерений двух серий (168 и 169) образцов катализатора Au/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Точки соответствуют разным средним размерам золотых наночастиц

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-08-00956.*

### Список литературы

1. Vainer B.G. *Infrared thermography as a powerful, versatile and elegant research tool in chemistry: Principles and application to catalysis and adsorption / ChemPlusChem*, 2020. – Vol. 85. – P. 1438-1454.

2. Вергунов Е.Г., Вайнер Б.Г. Модификация метода Блэнда-Алтмана и ее применение для оценки согласованности сердечного и дыхательного ритмов / *Вестник психофизиологии* (ISSN: 2227-6157), 2016. – Т. 4. – С. 34-45.

## ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВОДКИ СКВАЖИНЫ РОТОРНЫМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ СИСТЕМАМИ

Р.А. Хасанов

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа

**Аннотация.** Перспективность роторного управляемого бурения в отечественных условиях при строительстве вертикальных, наклонных, горизонтальных скважин, заключается в потенциальном улучшении точности проводки скважины, увеличении механической скорости, повышения качества ствола скважины, снижения вероятности осложнений и аварий, автоматизации.

Полностью автоматизированные системы роторного управляемого бурения были впервые применены на дорогостоящих скважинах с большим отклонением забоя от устья, на которых они обеспечили возможность решения задач, недоступных для существующих систем с забойными двигателями – автоматической проводки сложных типов профилей ствола скважины [1].

В соответствии с существующей технологией проводку горизонтального интервала ствола скважины непосредственно в продуктивном пласте производят строго по профилю, рассчитанному до начала бурения. Причем планирование горизонтального ствола осуществляют на основе геологических и геофизических материалов, которые были ранее получены при бурении вертикальных или наклонных скважин. Разработанные на основе такой информации геологические разрезы и структурные карты не соответствуют в части точности глубин и углов падения пластов требованиям технологии горизонтального бурения. Поэтому в проект на бурение горизонтальной скважины зачастую вносятся параметры продуктивного пласта, не соответствующие его состоянию в интервале бурения.

Существенное повышение эффективности строительства горизонтальных и боковых стволов может быть достигнуто за счет оперативного планирования траектории в процессе бурения на основании фактического геологического разреза. Для реализации такой технологии необходим буровой комплекс, способный полностью автономно или при минимальном вмешательстве оператора осуществлять бурение горизонтального ствола в продуктивном пласте, обходя при этом зоны обводненности и зоны, не содержащие нефть или газ.

Разрабатываемые в настоящее время управляемые системы роторного бурения могут в автономном режиме осуществлять целенаправленное изменение зенитного и азимутального углов или производить их стабилизацию при бурении по команде с поверхности.

Некоторые сервисные компании в настоящее время развивают системы с электрическим каналом связи к телеметрии и роторной управляемой системе, по аналогии с трубами для электробурения, в которых используются электрические провода, встроенные в каждую бурильную трубу, через которые осуществляется передача информации. В 2006 система передачи данных по бурильным трубам, обеспечивающая скорость передачи данных до 1 мегабита в секунду, была введена в эксплуатацию. Система использует бесконтактную индуктивную связь между отрезками кабеля на торцах трубы. Для устойчивой связи каждые 500 м в колонну труб встраивается повторитель. Минусом этой системы является значительное удорожание бурильных труб. Роторная управляемая система на бурильной колонне с электрическим каналом связи может незамедлительно передавать и принимать данные, за счёт чего управление траекторией можно автоматизировать.

При использовании для бурения колонны гибких непрерывных труб электрический канал связи является наиболее оптимальным и оправданным. На данный момент существует достаточно надежное оборудование для заправки геофизического кабеля в колонну труб, при этом кабель является цельным на всем протяжении. Кроме того, особенностью компоновки низа бурильной

колонны при таком бурении является наличие ориентирующего устройства для отклонителя. Энергопотребление этого устройства намного выше потребления остальных устройств, что делает работу такой системы от батарей или генератора невозможной. Использование кабеля позволяет подводить питание к устройствам непосредственно с поверхности. Моторизованная роторная управляемая система на гибких насосно-компрессорных трубах с электрическим каналом связи может передавать и принимать данные, за счёт чего управление траекторией можно полностью автоматизировать.

Существующие схемы управления пока не позволяют осуществлять полностью автономное бурение без участия оператора по всему стволу скважины, поэтому основным направлением в разработке систем следующего поколения будет полная автоматизация работы забойной компоновки. Разработки в этом направлении привели к системам автоматизации бурения на основе компоновки с роторной управляемой системой и автоматизированной буровой установкой, позволяющим значительно уменьшить количество персонала на буровой, снизить нагрузку на людей. Полное же исключение человека из процесса бурения путем замены буровыми роботами пока не достигнуто ввиду комплексности и непредсказуемости процесса бурения, невозможности полностью автоматизированного управления ввиду необходимости точной и достоверной интерпретации данных режима бурения и геофизических исследований скважины, пока в полном объеме недоступной искусственному интеллекту.

### Список литературы

1. Акбулатов Т.О. Информационное обеспечение процесса бурения: учеб. пособие / Т.О. Акбулатов, Р.А. Исмаков, Л.М. Левинсон, Р. А. Хасанов. – Уфа: ООО «Монография», 2010. – 67 с.

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Р.А. Хасанов

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа

*Аннотация.* Роторное управляемое бурение снижает затраты на бурение за счет улучшения точности, скорости и безопасности бурения, минимизации осложнений, значительно влияющих на сроки и качество строительства скважин. Роторные управляемые системы имеют определенные преимущества и недостатки, выявленные при проводке скважин на нефтегазовых месторождениях.

Применительно к условиям нефтегазовых месторождений роторные управляемые системы для бурения скважин имеют следующие преимущества, подтвержденные при проводке скважин:

1. Увеличение механической скорости проходки и соответственно уменьшение времени бурения скважины за счет более равномерной отработки долота и исключение подъема работоспособного долота для изменения геометрии забойного двигателя;

2. Улучшение очистки скважины от шлама, сокращение времени на промывку перед наращиванием и спускоподъемными операциями [1];

3. Уменьшаются динамические скачки давления, снижается вероятность гидроразрыва пород, что положительно сказывается на устойчивости ствола скважины;

4. Улучшается качество ствола с минимальной микрокривизной, отсутствие спиральной выработки за счет постоянного контроля положения режущей поверхности долота;

5. Позволяют проводить сложные трехмерные профили с большим отходом, характерные для наших месторождений;

6. Постоянное вращение бурильной колонны;

7. Увеличение скорости бурения;

8. Улучшение качества ствола скважины;

9. Уменьшение кавернозности ствола скважины;

10. Повышение точности проводки относительно плановой траектории;

11. Возможность автоматизации соблюдения плановой траектории при проводке ствола скважины.

Практическим опытом использования роторных управляемых систем на нефтегазовых месторождениях выявлены следующие недостатки:

1. Отказы управляющих элементов роторных управляемых систем с критическим отклонением от траектории, необходимость перебура части ствола скважины после выхода из коридора бурения в пласте-коллекторе, отказы коммуникации между элементами роторных управляемых систем, необходимость подъема для замены, длительная передача управляющих команд с устья на роторную управляемую систему на забое, строгие требования к расходу бурового раствора, точности измерения расхода;

2. Сложность конструкции роторных управляемых систем, невозможность обслуживания на буровой, малый парк роторных управляемых систем в регионе, задержки в поставке систем на удаленные объекты; необходимость привлечения персонала подрядчика для выполнения работ;

3. Риск механической заклинки роторных управляемых систем в интервалах сужений и изгибов ствола скважины, риск повреждения при разбурировании цементного стакана, технической оснастки обсадной колонны;

4. Недостаточная максимальная интенсивность набора зенитного угла, ограничивающая возможность использования роторных управляемых систем, необходимость бурения участков с интенсивным набором параметров винтовым забойным двигателем;

5. Высокие требования к системе очистки промывочной жидкости, либо использованию циркуляционных переводников;

6. Необходимость использования современной буровой установки высокой мощности, верхнего привода, насосов с регулируемой подачей

промывочной жидкости, внедрение дополнительных датчиков для обратной связи с роторной управляемой системой в циркуляционную систему буровой установки, изменение циркуляционной системы, строгие требования к точности измерения расхода бурового раствора для программирования находящейся на забое роторной управляемой системы с поверхности;

7. Необходимость использования насосов с регулируемой подачей промывочной жидкости для подбора необходимого расхода промывочной жидкости при бурении и передаче команд на роторную управляемую систему с поверхности;

8. Использование специальных долот для роторного управляемого бурения, ограниченный выбор породоразрушающего инструмента для роторных управляемых систем;

9. Необходимость значительного изменения технологии бурения, профиля ствола скважины с ограничением предельных интенсивностей искривления, параметров режима бурения, энергетических затрат при бурении;

10. Высокая стоимость роторной управляемой системы, сопутствующего оборудования и сопровождения;

11. Необходимость адаптации технологии роторного управляемого бурения к геолого-техническим условиям месторождений, отсутствие недорогих отечественных роторных управляемых систем, необходимость разработки отечественных роторных управляемых систем.

### Список литературы

1. Акбулатов Т.О. Роторные управляемые системы: учебное пособие / Т.О. Акбулатов, Л.М. Левинсон, Р.А. Хасанов. – Уфа: УГНТУ, 2006.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Ni-AL ПОВЕРХНОСТНОГО СПЛАВА, СФОРМИРОВАННОГО СЕРИЕЙ ИМПУЛЬСОВ НСЭП

Е.А. Пестерев, А.В. Соловьев, Е.В. Яковлев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук,  
г. Томск

**Аннотация.** Представлены результаты исследования свойств поверхностного Ni-Al сплава, полученного путем облучения трехслойной пленки Ni-Al-Ni, общей толщиной 2,5 мкм, серией импульсов низкоэнергетического сильноточного электронного пучка (НСЭП). Показано, что количество импульсов НСЭП влияет на трещинообразование формируемого поверхностного сплава. Величины микровердости поверхностных сплавов увеличивается 1,5 раза по сравнению с исходным образцом вне зависимости от количества импульсов НСЭП. Наблюдается увеличение значений износостойкости в среднем более чем в 6 раз с тенденцией небольшого увеличения коэффициента износа при увеличении количества импульсов НСЭП.

## Введение

В последнее время для улучшения эксплуатационных характеристик металлических деталей все чаще используются высокотемпературные интерметаллиды [1, 2]. Интерметаллическое соединение NiAl сочетает в себе свойства керамики и металла, обладая высокой температурой плавления, теплопроводностью, стойкостью к окислению и стойкостью к высокотемпературной коррозии, а также низкой массовой плотностью [3]. Сплавы и покрытия NiAl широко используются в промышленности для изготовления деталей и конструкций, используемых при высоких температурах в агрессивных средах [4].

Существует множество методов нанесения интерметаллических покрытий. Одни из них – методы, основанные на формировании поверхностных сплавов путем жидкофазного смешения систем пленка-подложка концентрированными потоками энергии, а именно импульсным интенсивным лазерным [5], электронным [6] и ионным [7] пучками, а также плазменные потоки [8]. Преимущество этих методов состоит в том, что, несмотря на относительно короткое время высокоэнергетического воздействия, поверхностный сплав формируется именно в результате жидкофазного смешения материалов пленки и подложки [9-10]. В работе [11] показана возможность образования интерметаллида с использованием НСЭП.

## Эксперимент

Для формирования поверхностного сплава используется электронно-пучковая машина РИТМ-СП (ООО Микросплав, Томск, Россия), действующая на основе разработанного в Институте сильноточной электроники СО РАН источника низкоэнергетических сильноточных электронных пучков (НСЭП) [12]. РИТМ-СП объединяет на одной вакуумной камере магнетронную распылительную систему и источник низкоэнергетического (10-30 кэВ) сильноточного (до 25 кА) электронного пучка с длительностью импульса 2-4 мкс и диаметром пучка до 80 мм. В этой машине процессы осаждения пленки и ее жидкофазного перемешивания с подложкой протекают в едином вакуумном цикле.

Исходная система состояла из трех чередующихся слоев никеля и алюминия общей толщиной 2,5 мкм: Ni (0,5 мкм) – Al (1,5 мкм) – Ni (0,5 мкм) – подложка Ст3 (рис. 1). Параметры НСЭП следующие: энергия электронов 20 кэВ, длительность импульса 2,5 мкс.

Исследование морфологии и поверхности сплава проводили с помощью сканирующей электронной микроскопии на приборе Philips SEM-515. Для оценки дефектов в виде трещин на образующейся поверхности сплава рассчитывали коэффициент трещиноватости как отношение общей площади трещин на поверхности к общей площади поверхности, умноженное на 100 %. Сравнительное исследование микротвердости проводили с помощью микротвердомера ПТМ-3М. Испытания на износостойкость проводили по схеме «pin-on-disc», на установке TRIBOtester в условиях сухого трения, в качестве контртела использовали шарик из стали 100Cr6 радиусом 3 мм. Нагрузка на

образец составляла 4 Н, путь трения 50 м, радиус трека 2 мм и скорость скольжения 25 мм/с.

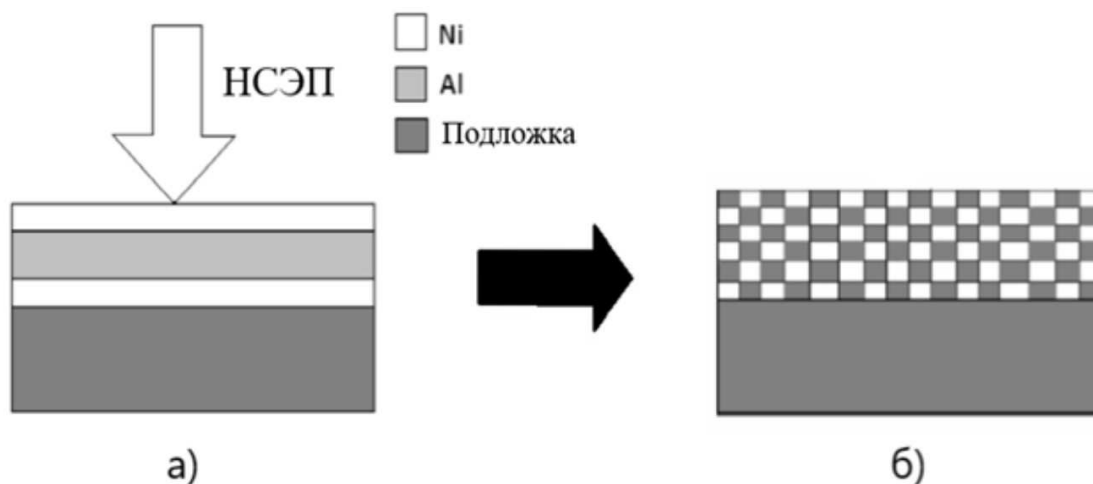


Рис.1. Схематическое изображение трехслойной системы: а – полученное магнетронным осаждением пленок, б – электронно-лучевое смешение системы «пленка-подложка» с использованием серии импульсов

### Результаты и обсуждения

На рисунке 2 представлены РЭМ-изображения сформированного поверхностного сплава после облучения 1, 2, 4, 8 импульсами НСЭП. Характерной особенностью образования NiAl фазы является появление микротрещин на поверхности образца, что можно увидеть на рисунках 2,а,б,г. Коэффициент трещиноватости данных образцов был равен 0.4 %, 1 % и 2 %, соответственно. Образец, облученный 4 импульсами, на поверхности не имеет трещин. Однако, на поверхности этого образца прослеживается образование распределенных центров напряжений, образующих сетчатую структуру.

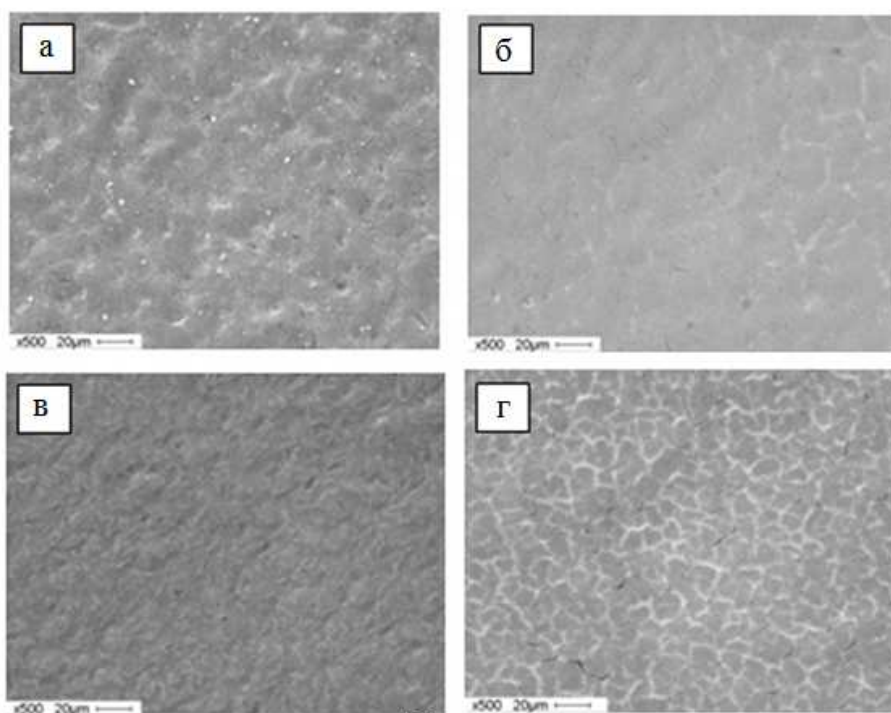


Рис. 2. РЭМ-изображение поверхностного сплава после облучения: а – 1 импульсом, б – 2 импульсами, в – 4 импульсами, г – 8 импульсами НСЭП

Исследование фазового состава поверхностного слоя проводили для исходной подложки, образца с многослойным Ni-Al покрытием (до облучения) и образца со сформированным поверхностным сплавом (после облучения НСЭП). Полученные рентгенограммы представлены на рис. 3. Как видно из рисунка фазовый состав для подложки в исходном состоянии представлен единственной фазой  $\alpha$ -Fe (рис. 3а). После напыления многослойного Ni-Al покрытия, на дифракционной картине закономерно появляются пики Ni и Al (рис. 3б). Формирование поверхностного сплава путем однократного электронно-пучкового перемешивания многослойной Ni-Al системы приводит к качественному изменению фазового состава. Из рис. 3, в видно, что пики Ni и Al на дифракционной картине отсутствуют, а все присутствующие пики идентифицируются как фаза интерметаллического соединения NiAl.

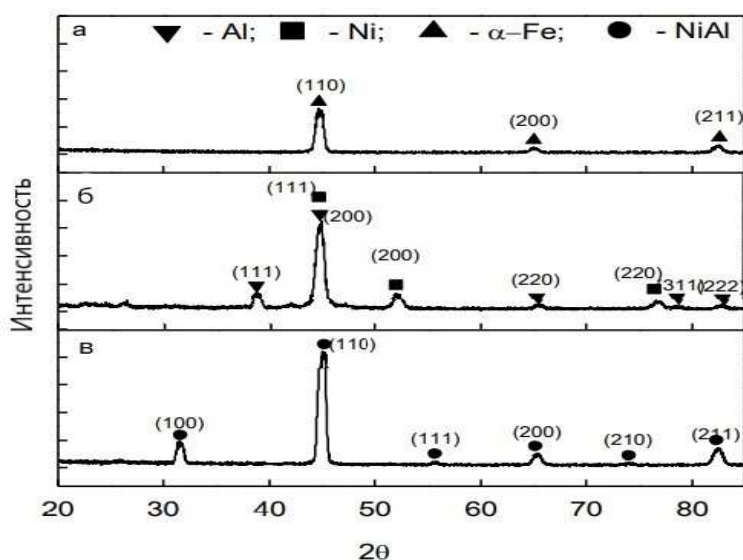


Рис. 3. Рентгенограммы образцов: а – подложка, б – напыленная трехслойная система, в – поверхностный сплав, сформированный 1 импульсом НСЭП

Несмотря на появление трещин после НСЭП обработки трехслойной системы, наблюдается увеличение микротвердости покрытия в полтора раза. Исходное значение микротвердости напыленной трехслойной NiAl системы составило  $1.63 \pm 0.5$  ГПа, а в результате электронно-пучкового перемешивания многослойного покрытия 1, 2, 4, 8 импульсами НСЭП значения микротвердости увеличились до  $2.44 \pm 1$ ,  $2.37 \pm 0.5$ ,  $2.36 \pm 0.3$ ,  $2.39 \pm 0.5$  ГПа соответственно. Можно констатировать, что количество импульсов НСЭП не влияет на значения микротвердости формируемого поверхностного сплава.

Трибологические испытания показали общее уменьшение коэффициента износа сформированных Ni-Al сплавов при помощи серии импульсов НСЭП по сравнению с исходной трехслойной системой. Коэффициент износа напыленной трехслойной системы составил  $8.61 \times 10^{-5} \pm 1.29 \times 10^{-5}$  мм<sup>3</sup>/(Н×м), а в результате перемешивания трехслойного покрытия электронным пучком и формирования Ni-Al поверхностного сплава коэффициент износа уменьшился до  $(0.99 \pm 0.31) \times 10^{-5}$ ,  $(1.04 \pm 0.25) \times 10^{-5}$ ,  $(1.2 \pm 0.54) \times 10^{-5}$  и  $(1.4 \pm 0.72) \times 10^{-5}$  мм<sup>3</sup>/(Н×м) при воздействии 1, 2, 4 и 8 импульсами соответственно (рис. 4).



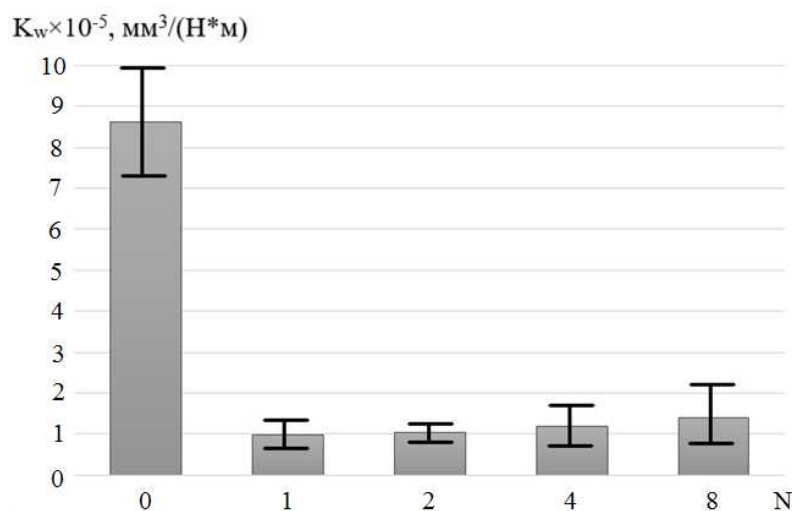


Рис. 4. Значения коэффициента износа для напыленной трехслойной системы Ni-Al (0 импульсов) и после облучения 1, 2, 4 и 8 импульсами НСЭП (N – количество импульсов)

Следует отметить, что наблюдается пропорциональное увеличение значений износостойкости от количества импульсов, о чем свидетельствует и внешний вид треков износа. Износостойкость при увеличении количества импульсов ухудшается. Анализ оптических изображений треков (рис. 5) показал, что с увеличением количества импульсов ширина трека увеличивается от 40 до 80 мкм. Так, средняя ширина трека при одноимпульсном облучении составляет 250 мкм, при облучении двумя импульсами ширина трека увеличилась до 290 мкм, а при облучении 4 и 8 импульсами средняя ширина стала 360 и 440 мкм соответственно.

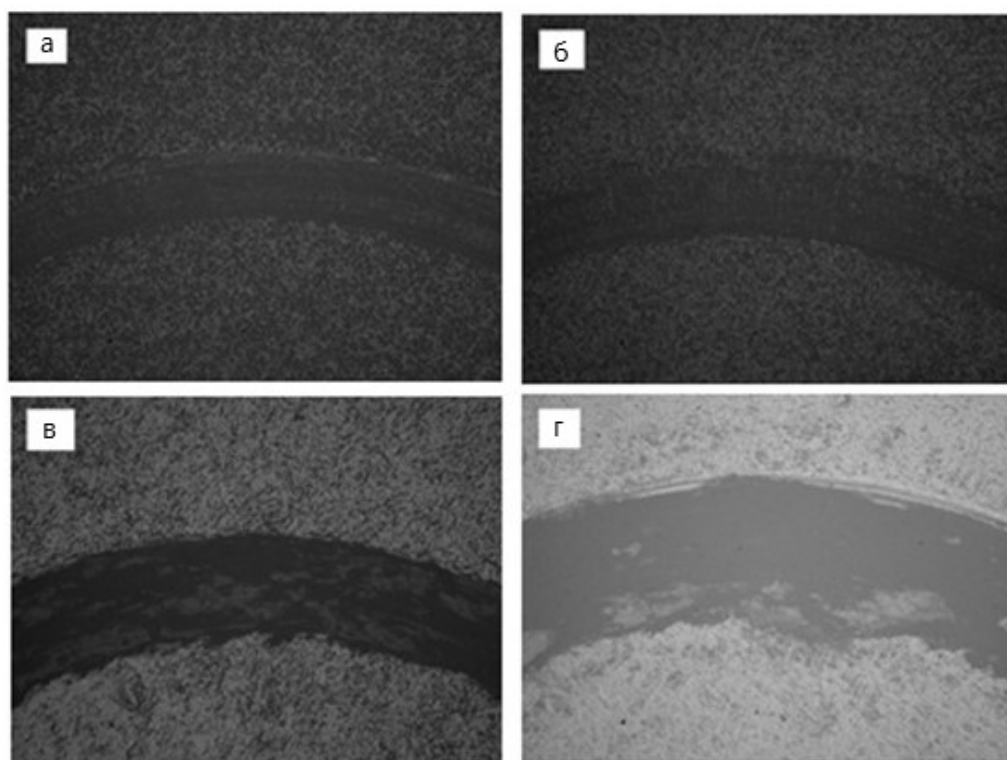


Рис 5. Оптические изображения треков износа после облучения поверхности: а – 1 импульсом, б – 2 импульсами, в – 4 импульсами, г – 8 импульсами НСЭП

## Заключение

В результате облучения НСЭП многослойной системы Ni(0.5)/Al(1.5)/Ni(0.5)/Fe и перемешивания пленок в жидкой фазе формируется поверхностный сплав, состоящий в основном из интерметаллической фазы NiAl. При НСЭП обработке исследуемой трехслойной системы сериями импульсов наблюдаются морфологические отличия формируемых поверхностей. При увеличении количества импульсов наблюдается тенденция увеличения коэффициента трещиноватости получаемого поверхностного сплава за исключением сплава, полученного с 4 импульсами НСЭП, что требует дополнительных исследований. Трибологические исследования показали увеличение износостойкости образцов с поверхностным сплавом более чем в 6 раз по сравнению с напыленной трехслойной системой без обработки НСЭП. Измерения микротвердости показали, что образцы с поверхностным сплавом имеют значения микротвердости в 1.5 раза больше, чем образцы с напылением. Количество импульсов НСЭП не влияет на микротвердость формируемой поверхности сплава. Однако, наблюдается пропорциональное увеличение значений коэффициента износа при увеличении количества импульсов НСЭП.

## Список литературы

1. *In situ coating of low carbon steel with Ni–Al–Fe powder mixture via mechanical alloying / Mohammad Reza Bafandeh [et al.] // Surf. Coat. Tech. – 2017. – V. 315. – P. 268-273.*
2. *Sierra C. NiAl coatings on carbon steel by self-propagating high-temperature synthesis assisted with concentrated solar energy: mass influence on adherence and porosity / C. Sierra, A.J. Vazquez // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2005. – V. 86. – P. 33-42.*
3. *Dercz G. Dispersion analysis of NiAl–TiC–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite powder ground in a high-energy attritorial mill / G. Dercz, L. Pajak, B. Formanek // Journal of Materials Processing Technology. – 2006. – V. 175 (1). – P. 334-337.*
4. *Effect of phase composition and microstructure on the corrosion resistance of Ni-Al intermetallic compounds / Jing Wen [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2017. – V. 695. – P. 2424-2433.*
5. *Preparation, microstructure and tribological behavior of laser cladding NiAl intermetallic compound coatings/ Youjun Yu [et al.] // Wear. – 2012. – V. 274-275 – P. 298-305.*
6. *Wei D. Surface modification of 5CrMnMo steel with continuous scanning electron beam process / D. Wei [et al.] // Vacuum. – 2018. – V. 149. – P. 118-123.*
7. *Renk T.J. Improvement of surface properties by modification and alloying with high-power ion beams / T.J. Renk [et al.] // Phys. Plasmas. – 1998. – V.5. – P. 2144.*
8. *Richter E. Modification of titanium surface by its alloying with silicon using intense pulsed plasma beams / E. Richter [et al.] // Surf. Coat. Technol. – 2002. – V.32 – P. 4158-159.*

9. *Batrakov A.V. Surface alloying of metallic substrates with pre-deposited films through a pulsed electron-beam mixing / A.V. Batrakov [et al.] // Eur. Phys. J. Appl. Phys. – 2008. – V. 43. – P. 283-288.*

10. *Markov A. Synthesis of a Cr-Cu surface alloy using a low-energy high-current electron beam / A. Markov [et al.] // Results in Physics. – 2019. – V. 12. – P. 1915-1924.*

11. *Марков А.Б. Электронно-пучковой синтез поверхностного сплава путем облучения многослойного Ni-Al-покрытия / А.Б. Марков [и др.] // Известия высших учебных вузов. – 2019. – V. 62, № 7.*

12. *Марков А.Б. Установка РИТМ-СП для формирования поверхностных сплавов / А.Б. Марков [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2011. – Т. 54, № 6. – С. 862-866.*

## Содержание

### ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Халиуллина А.А., Леонтьева С.В. Использование водорослей <i>Cladophora aegagropila</i> для очистки сточных вод.....	3
Емельянов М.А., Сташнев А.Р., Яшкина Л.В., Смольяков А.Ф., Белоконов Ю.Н., Малеев В.И., Ларионов В.А. Кинетическое расщепление эпоксидов с помощью углекислого газа, катализируемое хиральными комплексами Со(III) И Cu(II).....	5
Подъячева Е.С., Афанасьев О.И., Цыганков А.А., Макарова М.В., Чусов Д.А. Восстановительное алкилирование аминов карбонильными соединениями с использованием разных восстановительных агентов.....	7
Сафаров А.Х., Ягафарова Г.Г., Бурханова И.В., Минимухаметов Д.Х. Влияние нефти на микробиоценоз почвогрунтов.....	9
Собко Ю.М., Шмидт А.А., Жупикова А.В., Протопопов А.В. Изучение взаимодействия древесины осины с лимонной кислотой.....	11
Штепенко Д.Е., Гречко А.Н., Протопопов А.В. Изучение возможности получения сложных эфиров целлюлозы из древесины в неполярных средах с адипиновой кислотой.....	13
Савчук В.А., Валеев С.И. Влияние конструктивных параметров на процесс разделения в цилиндрическом гидроциклоне.....	16
Куркина М.В., Малыхина Л.В. Изучение состояния парковых зон Калининграда.....	19
Аревало Бельо Луис А., Ягафарова Г.Г. Биоремедиация нефтезагрязненных грунтов с использованием отходов производства кофе (на примере республики Колумбия).....	23
Цыганков А.А., Афанасьев О.И., Чусов Д.А. Восстановительное алкилирование первичных амидов карбонильными соединениями без внешнего источника водорода.....	25
Кудашева О.А. Методы очистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий.....	27
Заживихина Е.И., Маркова С.А., Заживихин Д.А. Марганец.....	29
Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В. Разработка структуры интеллектуальной системы мониторинга комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени.....	31
Неведров Н.П., Смицкая Г.И., Байдак Е.А. Антропогенная трансформация почв садово-огородных товариществ Курской агломерации.....	35

### ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алексеева А.Ю., Бардасов И.Н. Синтез (Z)-6-амино-4-(2-арил-1-циановинил)-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрилов и исследование их оптических свойств.....	40
--	----

Пушилина Ю.Н. Экологическая оценка при выборе строительных материалов.....	43
--	----

### **МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Шигабиева Ю.А., Богданова С.А., Залялютдинова Л.Н., Князев А.А. Получение и исследование систем лечебно-косметического назначения с металлокомплексами аминокислот.....	46
Рукк Н.С., Иванова Т.В., Каберник Н.С., Давыдова Г.А., Кузьмина Л.Г., Бузанов Г.А., Белусь С.К., Коржова А.Г., Кожухова Е.И. Биологически активные комплексы меди(II) с кофеином и антипирином.....	48

### **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Дупленко Е.П. Балльно-рейтинговая система: Pro and Contra.....	53
Зайнутдинова Э.М., Ягафарова Г.Г., Сафаров А.Х. Проблемное обучение как важный компонент в тестировании студентов (на примере дисциплины «Экология»).....	56
Ярусова С.Б., Иваненко Н.В., Якименко Л.В. Профессиональная подготовка экологов во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса.....	58

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Зурнина А.А., Докучаев И.С., Солманов П.С., Максимов Н.М., Еремина Ю.В., Жилкина Е.О., Пимерзин А.А. Роль катализатора и донора водорода в процессе термического крекинга углеводородов тяжелого нефтяного сырья.....	60
Зурнина А.А., Докучаев И.С., Солманов П.С., Максимов Н.М., Еремина Ю.В., Жилкина Е.О., Пимерзин А.А. Влияние строения алифатического донора водорода на результаты процесса термического крекинга углеводородов тяжелого нефтяного сырья.....	64
Булкина А.С. Определение потенциала энергосбережения при реконструкции производства оксида этилена с помощью метода Пинч-анализа.....	68
Слободскова А.А., Машников Е.Э., Балакина Д.Н., Суслов И.А. Применение осветительных светодиодных приборов для повышения продуктивности животных.....	72

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Коваленко Р.В., Вильданова А.И. Информационные технологии в профессиональной деятельности дизайнера одежды, их роль и назначение.....	74
Юленец Ю.П., Шабанов К.О. Автоматизированная система управления процессом высокочастотной сварки пластмасс.....	76
Володченко Т.В., Харитоновна О.С., Бронская В.В., Игнашина Т.В., Башкиров Д.В., Уролов И.Ф. Основные стадии работы Веб-ориентированного программного комплекса.....	82

Сафонова А.В., Мартынов В.И. Применение сверхширокополосного сигнала для получения радиолокационного изображения сложной цели.....	84
Золотухина М.А., Ивченко В.Д., Акимов Д.А. Идентификация неисправностей турбоагрегатов с помощью глубинных нейронных сетей.....	86

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Орлов А.П., Валеев И.Н. Модернизация узла учета и разработка проекта методики измерения деэтанализированного конденсата газового при выполнении торговых операций.....	90
Березин Н.Б., Межевич Ж.В. Электрохимическое легирование цинковых покрытий постоянным и импульсным током.....	92
Шумилова Е.Ю., Нецадимова Е.А., Протопопов А.В. Влияние рН среды на реологические свойства сукцинатов крахмала.....	95
Порохня А.А., Якименко И.Ю. Фотонные датчики контроля состояния рабочих жидкостей.....	97
Пешехонов А.А., Митрошин Д.Г., Чернуха М. Пневматическое управление расходом зернистых материалов с переменным гранулометрическим составом.....	103
Зиануров А.Ш., Вялых И.А., Шумихин А.Г. Разработка пользовательского интерфейса для мониторинга состояния и результатов измерения поточного NIR анализатор.....	106
Чинёнова А.И., Маслова А.А. Пути повышения энергосберегающих свойств современных центральных тепловых пунктов.....	108
Чинёнова А.И. Автоматизированные системы мониторинга за тепловыми установками.....	111
Шишова К.С. Архитектурная адаптация промышленных зданий и территорий под новые функции.....	114
Вайнер Б.Г., Володин А.М., Шепелин А.В. Тепловые эффекты на поверхности структур Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в реакции окисления СО при комнатной температуре.....	117
Вайнер Б.Г., Мороз Б.Л. Наночастицы Au разной дисперсности на поверхности Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : тепловизионные исследования каталитической активности в реакции окисления СО.....	119
Хасанов Р.А. Перспективы автоматизации проводки скважины роторными управляемыми системами.....	121
Хасанов Р.А. Преимущества и недостатки роторных управляемых систем в условиях нефтегазовых месторождений.....	123
Пестерев Е.А., Соловьев А.В., Яковлев Е.В. Физические свойства Ni-Al поверхностного сплава, сформированного серией импульсов НСЭП.....	125