

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Новосибирск  
2024

Всероссийская научная  
конференция молодых ученых

# НАУКА ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ

Сборник  
научных трудов

Часть 11

г. Новосибирск, 04-08 декабря 2023 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

---

# НАУКА ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ

---

---

**XVII Всероссийская научная конференция молодых ученых  
г. Новосибирск, 04-08 декабря 2023 г.**

**Сборник научных трудов  
в 11-и частях**

**Часть 11**

НОВОСИБИРСК  
2024

УДК 62(063)  
ББК 72.5я431  
Н34

**Н34 НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ:** XVII Всероссийская научная конференция молодых ученых (г. Новосибирск, 04-08 декабря 2023 г.) // Сборник научных трудов в 11 ч. / Под ред. Соколовой Д.О. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024.

ISBN 978-5-7782-5128-1  
Часть 11: – 301 с.  
ISBN 978-5-7782-5139-7

В сборнике опубликованы материалы научных исследований, представленных на XVII Всероссийской научной конференции молодых ученых.

В части 1 сборника представлены материалы по направлению «Информатика, автоматика, вычислительная и измерительная техника». В части 2 сборника представлены материалы по направлению «Информационные технологии математического моделирования и обработки данных». В части 3 сборника представлены материалы по направлению «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств. Материаловедение, технологические процессы и аппараты». В части 4 сборника представлены материалы по направлению «Энергетика». В части 5 сборника представлены материалы по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». В части 6 сборника представлены материалы по направлению «Электроника и биомедицинская техника». В части 7 сборника представлены материалы по направлению «Экономика и управление». В частях 8 и 9 сборника представлены материалы по направлению «Гуманитарные науки и современность». В части 10 сборника представлены материалы по направлению «Актуальные проблемы авиаракетостроения». В части 11 сборника представлены материалы по направлению «Экология и техносферная безопасность».

---

---

УДК 62(063)  
ББК 72.5я431

ISBN 978-5-7782-5139-7 (Ч.11)  
ISBN 978-5-7782-5128-1

© Коллектив авторов, 2024  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2024

**Секция ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**  
**И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОЙ  
ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ОТ ВОДОРОДА  
В АДИАБАТИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ**

**Н.Р. Болдырев<sup>1,2</sup>, Н.В. Верниковская<sup>1,2</sup>, В.А. Чумаченко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт катализа СО РАН,

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, [gastin-xxz@mail.ru](mailto:gastin-xxz@mail.ru)

*Работа посвящена исследованию процесса низкотемпературной каталитической очистки от водорода газовых смесей, содержащих углеводороды, в промышленном адиабатическом реакторе. Определён оптимальный режим организации процесса, позволяющий минимизировать протекание побочных реакций окисления метана и паровой конверсии метана.*

*The work was devoted to the study of low-temperature catalytic purification from hydrogen of gas mixtures containing hydrocarbons in an industrial adiabatic reactor. The optimum mode of process organization was determined, which allows minimizing the occurrence of side reactions of methane oxidation and methane steam reforming.*

### **Введение**

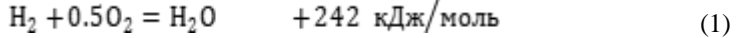
Каталитическое окисление водорода используется для очистки различных технологических газов, которые, наряду с  $H_2$ , могут содержать большое количество C1-C4 углеводородов. В промышленности для окисления водорода в основном применяют платиновые и палладиевые катализаторы, нанесенные на носители, обладающие, в частности, высокой термической стабильностью, теплопроводностью, кислородной емкостью [1].

Энтальпия реакции окисления водорода составляет 242 кДж/моль, что в случае смесей, содержащих в основном метан и азот, соответствует адиабатическому разогреву ~76 градусов на 1% превращённого  $H_2$ . При окислении 2-3% водорода температура в адиабатическом реакторе увеличивается на 150-230 градусов. При таких температурах становится возможным глубокое окисление входящих в состав технологических газов углеводородов (метана, этана) до диоксида углерода и паров воды. При наличии паров воды, как продукта окисления  $H_2$  и метана, в слое катализатора возможно протекание побочных реакций паровой конверсии метана и низших алканов с образованием «вторичного» водорода и оксидов углерода ( $CO$ ,  $CO_2$ ).

Целью работы было определение параметров процесса окисления водорода в присутствии метана, при которых вклад побочных реакций паровой конверсии метана и глубокого окисления метана может быть минимальным.

### 1. Кинетика процесса

Окисление водорода протекает по реакции:



Скорость реакции окисления водорода на Pt имеет вид [2]:

$$\omega = k_0 \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \cdot P_{\text{H}_2}^{1/2} \cdot P_{\text{O}_2}^{1/2} \cdot \rho_{\text{кат}} \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{кат}}$  - кажущаяся плотность катализатора.

Энергия активации реакции и предэкспоненциальный множитель составляют:

$$E_a = 28006 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1}, \quad k_0 = 420.0 \text{ моль} \cdot \text{атм}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Кинетическое уравнение скорости реакции глубокого окисления метана на Pt катализаторе и его параметры были взяты из работы [3]. В связи с отсутствием в литературе данных по кинетике процесса паровой конверсии метана на Pt катализаторе, для моделирования процесса были использованы кинетические уравнения из работы [4], полученные на никельсодержащем катализаторе.

### 2. Математическая модель процесса

Математическая модель процесса в адиабатическом реакторе учитывает:

- ✓ Скорости каталитических реакций и выделение/поглощение тепла в результате протекания реакций;
- ✓ Конвективный тепло- и массоперенос в аксиальном направлении;
- ✓ Диффузионный тепло- и массоперенос в аксиальном направлении;
- ✓ Изменение аксиальной скорости потока в результате протекания реакций;
- ✓ Перенос тепла диффузией вследствие различия теплоёмкостей диффундирующих веществ.

Математическое моделирование процесса проводилось при следующих параметрах: давление 2 МПа; диаметр реактора 1 м; длина слоя катализатора 2 м; линейная скорость 2.2 м/с (н.у.); размер зерна катализатора 3.2 мм; насыпная плотность катализатора 767 кг/м<sup>3</sup>.

**Входные параметры смеси:** температура 34 °С; состав смеси (об. %): водород 3.3, кислород 1.98, метан 50.8, азот 43.92.

**Ограничение:** максимальная температура в реакторе не должна превышать 160 °С, для предотвращения возможности протекания побочных реакций.

### 3. Результаты математического моделирования

На рис. 1 приведены профили по длине слоя катализатора конверсии  $H_2$ ,  $O_2$  и температуры при входной концентрации водорода 3.3 об. %, кислорода 1.98 об. %. Отношение  $O_2/H_2 = 0.6$ , что выше стехиометрического на 20%. Видно, что на длине примерно 0.25 м конверсия водорода достигла 100 %, температура выросла до 230 °С. Затем конверсия водорода снижается, так как при такой температуре становится заметным эффект паровой конверсии метана с генерацией «вторичного» водорода. Однако сильного снижения конверсии  $H_2$  не происходит из-за того, что избыточный кислород вступает в реакцию окисления водорода. На длине примерно 0.5 м  $O_2$  превращается полностью. Конверсия  $H_2$  на выходе из слоя составила 97 %, температура выросла до 267.6 °С, что превышает ограничение на максимальную температуру в реакторе. Роль глубокого окисления метана в этих условиях пренебрежимо мала.

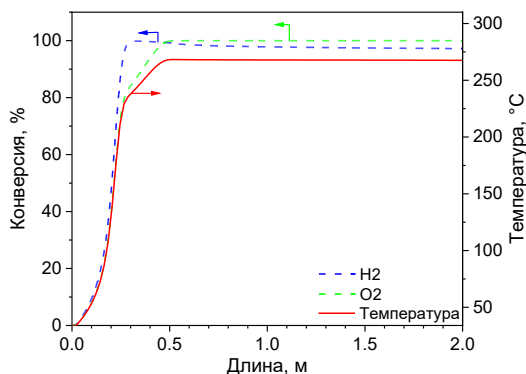


Рис. 1 – Профили конверсии  $H_2$ ,  $O_2$  и температуры по длине слоя при концентрации водорода 3.3 об. %, кислорода 1.98 об. %,  $T_{вх} = 34$  °С.

Для того, чтобы удовлетворить ограничению на максимальную температуру, был рассмотрен вариант проведения процесса очистки от водорода в двух последовательно расположенных реакторах, с промежуточным охлаждением и удалением реакционной воды путём конденсации. На входе в первый реактор концентрация водорода была 3.3 об. %, кислорода 0.99 об. %, отношение  $O_2/H_2 = 0.3$ . Во второй реактор поступала смесь после первого слоя, без реакционной воды, с избытком кислорода 10 % от стехиометрии.

На рис 2 приведены профили по длине слоя конверсии  $H_2$ ,  $O_2$  и температуры в каждом из двух реакторов. В первом реакторе при полной конверсии  $O_2$  конверсия  $H_2$  составляет 60 % (Рис. 2а). Температура выросла до 155 °С. При такой температуре реакции окисления метана и паровой конверсии метана не протекают. Во втором реакторе водород превратился полностью, конверсия кислорода составила 91.7 % (Рис. 2б). Температура выросла до 146 °С. При такой температуре реакции окисления метана и паровой конверсии метана также не протекают. Максимальные температуры в обоих реакторах не превышают допустимого значения.

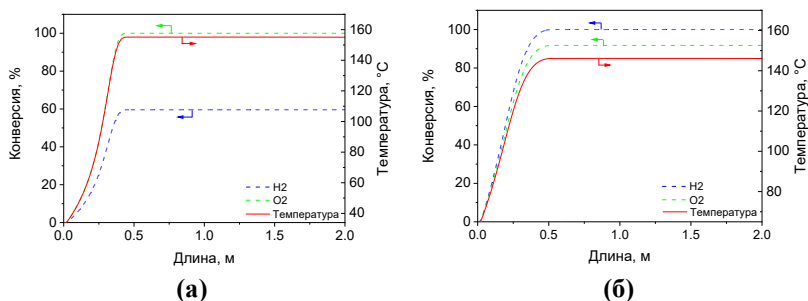


Рис. 2 – Профили конверсии  $H_2$ ,  $O_2$  и температуры по длине первого (а) и второго (б) реакторов: а)  $H_2=3.3$  об. %,  $O_2=0.99$  об. %,  $T_{вх} = 34$  °С; б)  $H_2=1.32$  об. %,  $O_2=0.726$  об. %,  $T_{вх} = 65$  °С.

## Выводы

Результаты моделирования процесса показали, что при заданных параметрах и при входной концентрации водорода 3.3 об. % максимальная температура выше допустимой, что значительно увеличивает вклад паровой конверсии метана и снижает общую конверсию водорода. Для того чтобы удовлетворить ограничению на максимальную температуру, предложено проводить процесс в двух последовательных адиабатических реакторах, с промежуточным охлаждением газовой смеси и конденсацией реакционной воды. В этом случае вклад побочных реакций окисления метана и паровой конверсии метана оказался минимальным.

## Литература:

1. Singh S.A., Vishwanath K., Madras G. Role of hydrogen and oxygen activation over Pt and Pd-doped composites for catalytic hydrogen combustion. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2017; 9; 19380-19388. <https://doi.org/10.1021/acsmi.6b08019>

2. Харьковская Е.Н., Боресков Г.К., Слинько М.Г. Кинетика реакции взаимодействия водорода с кислородом на платине // Доклады Академии наук СССР. - 1959 - Т.127, N 1. - С.145 - 148

3. C. R. H. de Smet, M. H. J. M. de Croon, R. J. Berger, G. B. Marin, J. C. Schouten, Design of adiabatic fixed-bed reactors for the partial oxidation of methane to synthesis gas. Application to production of methanol and hydrogen-for-fuel-cells // Chem. Eng. Sci. 56 (2001) 4849–4861. [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(01\)00130-0](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(01)00130-0)

4. Xu J., Froment G. F. Methane steam reforming, methanation and water - gas shift/ I Intrinsic kinetics // AIChE J.-1989-Vol. 35. -P. 88-96

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А21-121011390010-7).

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЩЕЛОЧНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ МЕДИЦИНСКИХ ПРЕПАРАТОВ**

**Е.С. Василевич, В.В. Петрова**

**Новосибирский государственный технический университет  
г. Новосибирск, gwgsz25@gmail.com, v.petrova.2020@stud.nstu.ru  
Научный руководитель: Александров В.Ю., доцент, к.х.н.**

*Изучена возможность обезвреживания отходов валидола с методом щелочной деструкции с нейтрализацией полученной смеси фосфорной кислотой и ее отверждением золошлаковыми отходами. Получен твердый материал, который устойчив к воде и к нагреванию до 900С.*

*The possibility of neutralizing waste of validol with an alkaline destruction method, followed by neutralization of the resulting mixture with phosphoric acid and solidification with ash and slag waste, has been studied. A solid material was obtained that is resistant to water and can withstand temperatures up to 900C.*

### **1. Постановка задачи.**

Метод щелочной деструкции (ЩД), для обезвреживания опасных отходов, основан на химическом разложении этих отходов, с образованием веществ, представляющих меньшую угрозу для объектов окружающей среды и населения. Названный метод успешно использован на кафедре ИПЭ НГТУ для обезвреживания отходов пороха и



пиротехнических составов (ПТС), с получением патента на изобретение /1/. Методика ЩД включает четыре стадии:

**первая** –нагревание отхода в растворе гидроксида натрия при температуре в области 130 – 2100С, с последующим охлаждением;

**вторая** –нейтрализация избытка щелочи введением концентрированной ортофосфорной кислоты;

**третья** – смешение полученного материала с золошлаковыми отходами ТЭЦ-3, г. Новосибирск (ЗШО)

**четвертая** –формование полученной массы с получением материала для отверждения и исследования.

В настоящей работе ЩД использована для обезвреживания отходов валидола, с целью оценки перспектив метода в обезвреживании отходов медицинских препаратов (ОМП). Названные отходы относятся к категории медицинских отходы, образующиеся в процессе медицинской и фармакологической деятельности [2]. Основными источниками образования ОМП являются:

- упущенный срок применения;
- нарушение условий хранения;
- нарушение условий производства.

Отходы валидола образуются в достаточно больших количествах в связи с широким применением лекарства при сердечно-сосудистых заболеваниях. Химический состав лекарственной формы «валидол» представлен раствором ментола в метиловом эфире изовалериановой кислоты ( $C_{15}H_{28}O_2$ ). Обычная таблетка содержит 0,06 г. валидола с добавлением вспомогательных веществ: сахароза – 1,15 г., стерат кальция – 0,013 г.

Номенклатурное название валидола:

*5-метил-2(пропан-2-ил) циклогексил-3-метилбутаноат.*

## **2. Экспериментальная часть.**

### **2.1. Описание установки.**

Химический процесс ЩД проводили в лабораторной установке, состоящей из:

- электроплитки с регулируемой температурой и временем нагрева;
- реактор из нержавеющей стали с крышкой, в которой проделаны два отверстия с кранами: первое - для отвода парогазовой смеси в газоочистную установку (ГОУ); второе – для ввода в реактор фосфорной кислоты.
- ГОУ - аппарат из нержавеющей стали с крышкой, в которой проделано отверстие с краном для приема парогазовой смеси из реактора, а также отверстие для выхода очищенных газов в атмосферу.

Фактически, ГОУ является скруббером, в котором, в качестве рабочей жидкости использован 20%-й раствор кислого карбоната натрия.

## 2.2. Описание химического процесса.

Опытным путем показано, что наилучшие результаты достигаются при следующих параметрах процесса:

- концентрация щелочи 4М - 400 мл;
- температура нагрева – 210С;
- время нагрева – 10 мин (5 мин с отводом парогазовой смеси в ГОУ, 5 мин при герметичном реакторе);

Весовые показатели процесса:

- масса отходов валидола – 31 г;
- NaOH – 62 г;
- масса ЗШО – 691 г;
- объем фосфорной кислоты – 70 мл (126 г)

## 3. результаты эксперимента

3.1 Полученную пластичную массу помещали в ПЭТ стаканы (13 шт.) и оставляли на воздухе на 7 суток для отверждения. Все образцы отвердели с образованием достаточно прочных цилиндрических фрагментов общим весом 1025 г. Процентное содержание компонентов в образцах составляет:

- валидол – 3%
- ЗШО – 67,5%
- NaOH – 6%
- $H_3PO_4$  – 12%

3.2 Фрагмент полученного материала помещали в воду для контроля поведения в воде исходная величина рН=7 (Рис. 1), через 1 ч выдержки рН = 7 (не изменился)



Рис. 1 – Обработка фрагмента водой

3.3 Фрагмент полученного материала массой 89,3 г. помещали в тигель и прокаливали в муфеле при температуре 900С. Вес прокаленного материала составил 72 г (потеря веса 20%). Образец разделился на два фрагмента без растрескивания и потери прочности (Рис. 2).



Рис. 2 – Вид фрагмента после прокаливания

3.4 Фрагмент полученного материала разрушали сжатием в тисках. Результаты показывают хрупкий характер разрушения (Рис. 3).



Рис. 3 – Вид фрагмента после разрушения сжатием

### **Выводы**

1. Представленный выше способ обезвреживания отходов валидола позволяет получать достаточно прочные отвержденные фрагменты, имеющие характер хрупкого разрушения.

2. Фрагменты достаточно устойчивы в воде, при выдержки рН раствора изменяется от 7 до 8, что достаточно близко к показателю нейтрального раствора.

3. При высокотемпературном прокаливании (900С) происходит потеря веса до 20%, при этом не наблюдается потери прочности.

4. Рекомендуется провести определение класса опасности образовавшегося материала, как вторичных отходов методом биотестирования.

### **Литература:**

1. Патент на изобретение № 2742991 (РФ). Зарегистрировано 12.02.2021. Приоритет от 29.12.2018. Заявка № 2018147812. Способ и установка обезвреживания отходов пороха и пиротехнических составов

(Патент на изобретение), Александров В.Ю., Гафаров М.Р., Ларичкин В.В., Немущенко Д.А., Чиннов В.А.

2. Н.В. Бирюкова, Экология производства, сентябрь 2023, с. 114, «Возьмет ли ФЭО медицинские отходы?»

## **«ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ЦИРКОНОСИЛИКАТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕНОСФЕР ЛЕТУЧИХ ЗОЛ ОТ СЖИГАНИЯ УГЛЯ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ $^{137}\text{Cs}$ ИЗ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ»**

**П.А. Голик<sup>1,2</sup>, Е.А. Кутихина<sup>2</sup>, Т.А. Верещагина<sup>1,2</sup>**

**<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, г. Красноярск**

**<sup>2</sup>Институт химии и химической технологии СО РАН,**

**г. Красноярск, [pahagolik@mail.ru](mailto:pahagolik@mail.ru)**

**Научный руководитель: Верещагина Т.А., д.х.н., в.н.с.**

*Актуальность работы заключается в решении проблем ядерной и энергетической отрасли путём взаимовыгодного промышленного симбиоза, в котором отходы одного производства становятся ресурсами для другого и который рассматривается в мире как основа создания ресурсосберегающей экономики замкнутого цикла.*

*Цель работы – получение узкой фракции ценосфер и изучение сорбционных свойств в отношении  $\text{Cs}^+$  композитных сорбентов, содержащих сорбционно-активный компонент на основе цирконосиликатов каркасной структуры, с использованием в качестве источника кремния узкой фракции ценосфер.*

*The relevance of the work lies in solving the problems of the nuclear and energy industries through mutually beneficial industrial symbiosis, in which waste from one production becomes resources for another and which is considered in the world as the basis for creating a resource-saving closed-cycle economy.*

*The aim of the work is to obtain a narrow fraction of cenospheres and study sorption properties in relation to  $\text{Cs}^+$  composite sorbents containing a sorption-active component based on zircon silicates of a frame structure, using a narrow fraction of cenospheres as a silicon source.*

В мире большой интерес вызывают разработки технологий получения на основе микросфер, выделенных из дешевого и доступного сырья, функциональных и композитных материалов с улучшенными свойствами различного назначения, в том числе сорбентов для использования в ядерной энергетике и химико-металлургической промышленности для очистки жидких радиоактивных отходов от радионуклидов и сточных вод гидromеталлургических производств от тяжелых металлов. За счёт

сферического строения и близкого к природным алюмосиликатам состава ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ценосферы могут выступать в качестве прекурсоров микросферических сорбентов, цеолитов и алюмосиликатных фаз – концентраторов катионов щелочных ( $\text{Na}^+$ ,  $^{137}\text{Cs}^+$ ) и щелочноземельных ( $^{90}\text{Sr}^{2+}$ ) металлов [1, 2].

Необходимым условием для получения новых материалов с прогнозируемыми и воспроизводимыми свойствами является определенный химический, фазовый состав и строение исходных микросфер. Использование технологической схемы разделения концентрата ценосфер, включающей стадии гранулометрической классификации, магнитной сепарации и разделения по плотности, позволяет получить узкие фракции постоянного химического и минерально-фазового состава с преобладающим содержанием глобул определенного морфологического типа [3]. Как следствие, применение компонента летучих зол – алюмосиликатных микросфер в качестве прекурсора минералоподобной формы иммобилизации радионуклидов, содержащихся в жидких отходах, позволит решить экологические задачи ядерной энергетики, которые являются актуальными.

Для синтеза цирконосиликатов использовали узкую фракцию ценосфер (далее –  $(\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3)$ ) ( $D_{\text{ср}} = 170$  мкм,  $\rho = 0,38$  г/см<sup>3</sup>), выделенную из концентрата ценосфер летучих зол от сжигания кузнецкого угля, следующего состава (мас. %):  $\text{SiO}_2$  – 67,6;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 21,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3,2;  $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  – 7,7; кварц – 3,4; муллит – 0,8; кальцит – 0,5; стеклофаза – 95,4;  $(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{стекло}}$  – 3,1. Микрофотография глобул ценосфер по данным растровой электронной микроскопии (ТМ-4000, Hitachi, Япония) представлена на рисунке 1 а.

Получение микросферических носителей осуществляли в 2 стадии: 1) стабилизация состава концентрата ценосфер с получением фракции немагнитных ценосфер размером 160-180 мкм и насыпной плотностью 0,38 г/м<sup>3</sup> (рис.1 а), которая непосредственно сама может использоваться для получения сорбента в гидротермальном синтезе, например, цеолитов и цеолитоподобных материалов типа каркасных цирконосиликатов [4]; 2) травление глобул кислотным реагентом на основе плавиковой кислоты, что приводит к удалению с их поверхности стеклокристаллической наноразмерной (30-50 нм) пленки и делает доступным внутренний объём глобул для последующего введения сорбционно-активного компонента (образец  $(\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3)_{\text{HF}}$ ) (рис. 1 б).

На основе морфологически однородной фракции ценосфер путём травления был получен макропористый носитель с доступным внутренним объёмом и макропорами размером 5-20 мкм, который, наряду с узкой фракцией ценосфер, был использован для получения

композитных сорбентов с сорбционно-активным цирконосиликатным компонентом двух типов.

Синтез проводили путём гидротермальной обработки реакционных смесей  $(\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3)_{\text{HF}}\text{-ZrOCl}_2\text{-SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O-NaOH-H}_2\text{O}$  и  $\text{ZrOCl}_2\text{-NaOH-H}_2\text{O-(H,Na)X}$ . ((H,Na)X – продукт щелочной активации исходных ценосфер) в автоклаве Beluga (Premex AG, Швейцария) при 180 °С в течение 120 часов.

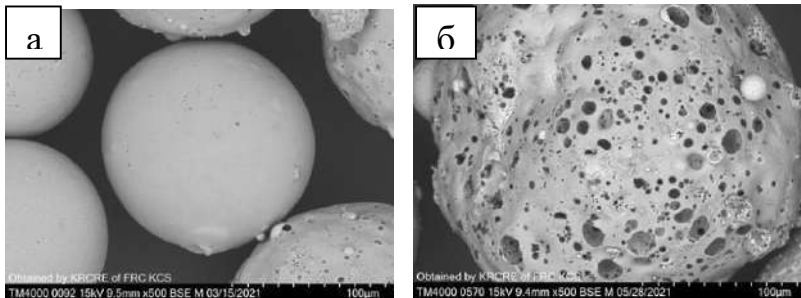


Рис. 1 – РЭМ снимки исходных ценосфер (а), перфорированных ценосфер  $(\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3)_{\text{HF}}$  (б)

На рисунке 2 представлены РЭМ снимки продуктов гидротермального синтеза.

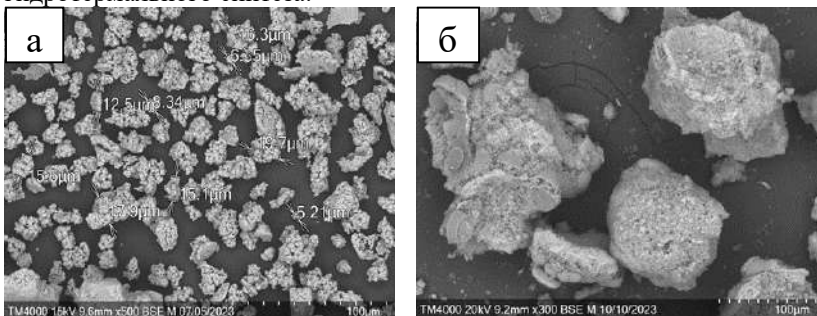


Рис. 2 – РЭМ снимки продуктов гидротермального синтеза: Zr-Si/NASICON (а) и Zr-Si/ANA (б)

По данным растровой электронной микроскопии продукт синтеза в системе  $\text{ZrOCl}_2\text{-NaOH-H}_2\text{O-(H,Na)X}$  представляет собой гранулированный материал размером 5–20 мкм с однородной микроструктурой (рис. 2 а). В другой системе частицы продукта более крупные и морфологически неоднородные, на поверхности и в объёме материала визуализируются кристаллиты микроциста (рис. 2 б). Исходя из данных рентгеноспектрального микроанализа, содержание циркония и

кремния в поверхностном слое достигает 19 и 30 мас. %, соответственно. По данным рентгенофазового анализа (ДРОН-3, Россия), образец, полученный на основе (H,Na)X прекурсора (рис. 2 а), представляет собой смесь фаз цирконосиликатов натрия, основными из которых являются  $\text{Na}_4\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_3$  (гексагон., пр. гр. R-3с) и  $\text{Na}_4\text{ZrSi}_3\text{O}_{10}$  (монокл., пр. гр. C2/c), принадлежащих к семейству NASICON (Образец Zr-Si/NASICON). В свою очередь в системе, содержащей дополнительный источник кремния (рис. 2 б), не сформировались фазы кристаллических цирконосиликатов, а в продукте присутствует лишь фаза анальцима (Образец Zr-Si/ANA).

На рисунке 3 представлены изотермы сорбции  $\text{Cs}^+$ .

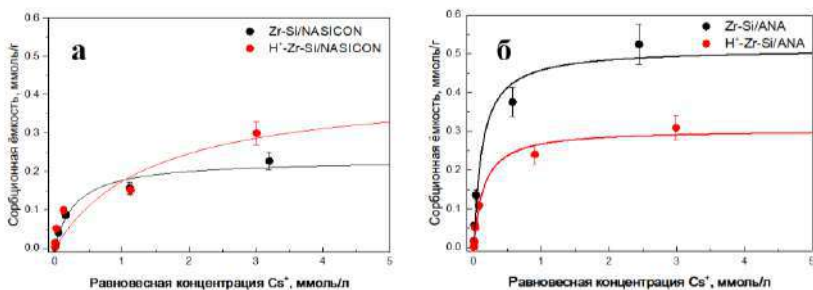


Рис. 3 – Изотермы сорбции  $\text{Cs}^+$  для продуктов синтеза на основе фаз (а) NASICONа и (б) анальцима (точки – эксперимент, линии – модель Ленгмюра)

Как следует из представленных данных, для образцов, наблюдается достаточно высокий коэффициент распределения ( $\sim 10^3\text{--}10^4$  ммоль/г).

Таким образом, впервые получены каркасные цирконосиликаты ( $S_{\text{уд}} = 110 \text{ м}^2/\text{г}$ ) на основе композиции фаз  $\text{Na}_4\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_3$  (гексагон., пр. гр. R-3с) и  $\text{Na}_4\text{ZrSi}_3\text{O}_{10}$  (монокл., пр. гр. C2/c), относящихся к семейству фаз структурного типа NASICON, с использованием в качестве источника кремния узкой фракции ценосфер с  $(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{стекло}} = 3,1$ . Цирконосиликатный материал демонстрирует высокий коэффициент распределения в процессе сорбции  $\text{Cs}^+$  из водных растворов ( $\sim 10^3\text{--}10^4$  мл/г) и стабильность сорбционной ёмкости в результате декаатионирования.

Получение химически устойчивой минералоподобной формы радионуклидов цезия и стронция осуществляется путем твердофазной кристаллизации композитного сорбента, насыщенного радионуклидами, при нагревании до  $800\text{--}1000 \text{ }^\circ\text{C}$  [4]. Полученная минералоподобная матрица отвечает требованию низкой растворимости по показателю скорости выщелачивания радионуклида и потенциально пригодна для

дальнейшего экологически безопасного многобарьерного захоронения в подземных горных хранилищах, например, в Нижнеканском гранитоидном массиве [5].

Литература:

1. *Кизильштейн Л.Я., Дубов И.В., Шницглус А.Л., Парада С.Г.* Компоненты зол и шлаков ТЭЦ.– М.: Энергоатомиздат, 1995.– 176 с.

2. *Blissett R.S., Rowson N.A.* A review of the multi-component utilisation of coal fly ash // *Fuel*.– 2012.– Vol. 97.– P. 1–23.

3. Phase-mineral and chemical composition of coal fly ashes as a basis for their multicomponent utilization. 2. Characterization of ceramic cenospheres and salt concentrates / *S.V. Vassilev, R. Menendez, M. Diaz-Somoano, M.R. Martinez-Tarazona* // *Fuel*.– 2004.– Vol. 83.– P. 585–603.

4. Микросферические сорбенты на основе нанесённых на ценосферы молибдата циркония и силикатов циркония для извлечения цезия-137 и стронция-90 из растворов радиоактивных отходов / *Т.А.Верещагина, Е.А. Кутихина, Е.В. Фоменко, А.Г. Анищ* // *Химия в интересах устойчивого развития*.– 2021.– Т. 29, № 3.– С. 268–275.

5. *Васильева Н.Г., Верещагина Т.А.* Отверждение Cs-137-содержащих радиоактивных отходов в минералоподобных матрицах на основе ценосфер для долговременного захоронения в гранитоидах // *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*.– 2015. Т.8, №3.– С. 346–358.

## **ОКИСЛЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ КАК СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ РУТЕНИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССА ГИДРИРОВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ**

**В.А. Голубков, Ю.Н. Зайцева, В.В. Сычѳв, О.П. Таран**  
**Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ КНЦ СО  
РАН, г. Красноярск, golubkov.va@icct.krasn.ru**

*Созданы и изучены рутениевые катализаторы процесса гидрирования глюкозы. В качестве носителей использованы окисленные и сульфированные модификации углеродных материалов Сибунит и СМК-3. Обнаружено, что кислые группы на поверхности носителя стабилизируют наночастицы рутения, уменьшая их размер. Увеличение кислотности носителя Сибунит ведѳт к увеличению активности катализатора, а носителя СМК-3 – к снижению, что*



*связано с изменениями размеров частиц. Наночастицы Ru с размером ~1,6 нм обеспечивают максимальную каталитическую активность.*

*Ruthenium catalysts for the glucose hydrogenation have been created and studied. Oxidized and sulfonated carbon materials Sibunit and CMK-3 were used as supports. It was found that acidic species on the support surface stabilize ruthenium nanoparticles, reducing their size. An increase in the acidity of the Sibunit support leads to an increase of the catalyst activity. But an increase in the acidity of the CMK-3 support leads to an activity decrease. This is associated with changes in particle sizes. Ru nanoparticles with a size of ~1.6 nm provide maximum catalytic activity.*

Сорбит — сахарный спирт, широко используемый в производстве продуктов питания, средств личной гигиены и медикаментов, в том числе в качестве сырья для получения витамина С. Промышленным методом его получения является каталитическое гидрирование глюкозы в воде в присутствии катализаторов на основе никеля Ренея при температурах 80-140°C и давлениях водорода до 50 бар [1]. Пирофорность, склонность к спеканию, выщелачивание Ni и загрязнение продукта являются актуальными проблемами использования таких катализаторов. Внедрение в производство сорбита стабильных и безопасных катализаторов позволит сократить производственные затраты на очистку продукта, снизить энергетические затраты, и тем самым улучшить эколого-экономические показатели процессов глубокой химической переработки растительного сырья.

Рутений наиболее активный металл платиновой группы в водофазных реакциях гидрирования карбонильных соединений [2, 3]. Активность и стабильность рутения, нанесённого на углеродный носитель, значительно превосходит активность катализаторов на основе никеля Ренея [4].

Характеристики носителя существенно влияют на активность катализатора. Использование углеродных материалов в качестве носителей имеет ряд преимуществ: гидротермальная и химическая устойчивость, широкий диапазон текстурных характеристик, как правило, невысокая цена. Кроме того, на поверхности углеродных материалов могут быть созданы функциональные группы различной природы, позволяющие варьировать и настраивать химические свойства носителя, а, следовательно, и катализатора [5].

Нами проведено исследование влияния окислительной обработки углеродного носителя на размер частиц и гидрирующую активность нанесённого рутения. Приготовлены серии углеродных носителей на основе углеродных материалов Сибунит и CMK-3. Они были модифицированы окислением влажным воздухом и сульфированием серной кислотой для создания кислотных групп на поверхности. На

основе данных носителей нанесённые рутениевые катализаторы были синтезированы методом пропитки по влагоёмкости с последующим восстановлением в токе водорода. Носители и катализаторы охарактеризованы физико-химическими методами (адсорбция-десорбция азота, РФА, РФЭС, ПЭМ, кислотно-основное титрование, определение рН точки нулевого заряда).

Катализаторы показали высокую эффективность и селективность в гидрировании глюкозы (Табл. 1). Условия реакции: 170 мг катализатора; 408 мг глюкозы; 5,5 МПа  $H_2$ ; 33,5 мл  $H_2O$ ; 60°C; 90 мин.

**Таблица 1. Результаты кинетических исследований катализаторов в процессе гидрирования глюкозы**

Катализатор	Константа скорости, сек <sup>-1</sup>	Конверсия глюкозы, %	Выход ксилита, %	Селективность, %
<b>2RSib</b>	1.23±0.07	90	87	97
<b>2RSib400</b>	2.04±0.18	98	96	98
<b>2RSib450</b>	2.17±0.11	98	96	98
<b>2RSib500</b>	1.41±0.10	96	95	99
<b>2RSib sulf</b>	1.85±0.16	95	85	89
<b>2RCMK</b>	3.05±0.27	99	91	92
<b>2RCMK400</b>	1.15±0.11	89	84	94
<b>2RCMK450</b>	2.12±0.17	98	94	96
<b>2RCMK500</b>	1.58±0.06	93	87	94
<b>2RCMK sulf</b>	1.85±0.01	96	92	96

Зависимости активности Ru/C катализаторов в гидрировании глюкозы от кислотности носителя для разных серий носителей существенно отличаются (Рис.1). Для катализаторов на Сибуните активность повышается с увеличением количества кислотных групп носителя, для СМК, напротив, снижается. Однако в обеих сериях максимальную активность демонстрируют катализаторы, несущие частицы рутения примерно одинакового размера – около 1,6 нм (Рис. 2).

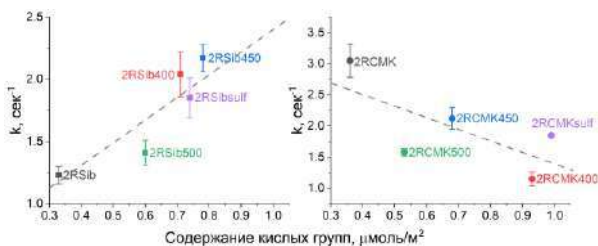


Рис.1 – Зависимости активностей 2%Ru/C катализаторов в гидрировании глюкозы от кислотности носителя

DFT моделирование показало, что кислотные группы приводят к стабилизации более мелких частиц. То есть в обоих случаях модификация носителя окислением и сульфированием приводит к уменьшению среднего размера частиц металла. Однако из различий в удельной поверхности (~ 400 и 1400 м<sup>2</sup>/г у носителей серии Сибунит и СМК, соответственно), размеры частиц у них заметно отличаются изначально. Судя по всему, размер наночастиц Ru ~1,6 нм обеспечивает максимальную каталитическую активность.

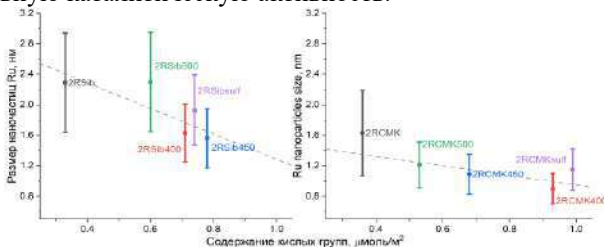


Рис. 2 – Влияние кислотных групп носителя на размеры частиц рутения

Нами разработаны рутениевые катализаторы для процесса получения сорбита. В качестве носителей использованы окисленные и сульфированные модификации углеродных материалов Сибунит и СМК-3. Обнаружено, что кислые группы на поверхности носителя влияют на размер наночастиц рутения, что подтверждено кванто-химическим моделированием. Кислые группы стабилизируют наночастицы рутения, позволяя существовать более мелким частицам. Увеличение кислотности носителя Сибунит ведёт к увеличению активности, а носителя СМК-3 – к снижению. Наночастицы Ru ~1,6 нм обеспечивает максимальную каталитическую активность.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №21-73-20269).

Литература:

1. Sugar Alcohols. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry / Ed. By Schiweck H., Bär A., Vogel R., Schwarz E., Kunz M., Lüssem B., Moser M. and Peters S. – 2012. doi.org/10.1002/14356007.a25\_413.pub2
2. Michel C., Gallezot P. Why Is Ruthenium an Efficient Catalyst for the Aqueous-Phase Hydrogenation of Biosourced Carbonyl Compounds? // ACS Catalysis. – 2015. – Vol. 5, № 7. – P. 4130-4132. doi:10.1021/acscatal.5b00707
3. One-pot synthesis of sorbitol via hydrolysis-hydrogenation of cellulose in the presence of Ru-containing composites / Gromov N.V., Medvedeva T.B., Rodikova Y.A., Timofeeva M.N., Panchenko V.N., Taran O.P., Kozhevnikov I.V., Parmon V.N. // Bioresource Technology. – 2021. – Vol. 319. – P. 124122. doi: 10.1016/j.biortech.2020.124122
4. Carbon supported Ru catalysts as promising alternative for Raney-type Ni in the selective hydrogenation of d-glucose / Hoffer B.W., Crezee E., Mooijman P.R.M., van Langeveld A.D., Kapteijn F., Moulijn J.A. // Catalysis Today. – 2003. – Vol. 79-80. – P. 35-41. doi: 10.1016/S0920-5861(03)00040-3
5. Sibunit-based catalytic materials for the deep oxidation of organic ecotoxicants in aqueous solutions. III: Wet air oxidation of phenol over oxidized carbon and Rr/C catalysts / Taran O.P., Descorme C., Polyanskaya E.M., Ayusheev A.B., Besson M., Parmon V.N. // Catalysis in Industry. – 2013. – Vol. 5, № 2. – P. 164-174. doi: 10.1134/S2070050410040136

**ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ, ХРАНЯЩИХСЯ  
В КАРТАХ-НАКОПИТЕЛЯХ БАЙКАЛЬСКОГО ЦБК,  
БЕНТОНИТОВЫМИ ГЛИНАМИ КАК НАПОЛНИТЕЛЕМ**

**В.Н. Колыбзева, А.Р. Сиделева**

**МАОУ «Лицей № 7»,**

**г. Красноярск, kolybzeva07@mail.ru**

**Научный руководитель: Голубков В.А., м.н.с.ИХХТ СО РАН**

*В результате функционирования Байкальского ЦБК накоплено большое количество отходов, в основном шлам-лигнина. Впервые проведена оценка применения бентонитовых глин как наполнителя карт-накопителей Байкальского ЦБК в целях нейтрализации накопленных отходов. В результате проведённого исследования определены существующие проблемы хранения отходов, выделены перспективы применения бентонита и оценены необходимые ресурсные затраты.*

*As a result of the functioning of the Baikal Pulp and Paper Mill, a large amount of waste has been accumulated, mainly sludge-lignin. For the first time, an assessment of the use of bentonite clays as a filler of storage cards of the Baikal Pulp and Paper Mill in order to neutralize accumulated waste was carried out. As a result of the conducted research, the existing problems of waste storage are identified, the prospects for the use of bentonite are highlighted and the necessary resource costs are estimated.*

Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК) — промышленное предприятие, расположенное на юге восточного берега озера Байкал и получившее известность крупнейшего источника его загрязнения. Целлюлозу на комбинате получали сульфатным методом варки щепы, в этом процессе образуется отход - шлам-лигнин. Эти отходы складировали временно, а затем на постоянное хранение, в специальные бассейны – карты-накопители. Для утилизации отходов в 1973 г. был построен завод, однако технология оказалась несовершенной [1]. Таким образом, в 14 бассейнах шламонакопителях скопилось и хранится более 6,2 млн м<sup>3</sup> отходов IV класса опасности: шлам-лигнин, зола, древесная кора, щёлочесодержащая жидкость [2].

По составу отходов шлам-лигнин представляет собой сложную смесь лигноидных веществ (50-53 %), активного ила, глинозема, полиакриламида, целлюлозы (по 5-10 %) [3]. В водах карт и в почве содержатся имеются опасные экотоксиканты: тяжёлые металлы [4], фенол и хлорфенолы [5]. Из-за сильных дождей постоянно существует угроза разлива токсичных отходов, крайне опасны сели и землетрясения, способные привести к попаданию загрязнителей в озеро Байкал [6]. Разработка технологии утилизации данных отходов является крайне актуальной задачей.

В мировых литературных источниках практически отсутствуют данные о рекультивации площадей, занятых отходами, подобными шлам-лигнину. При этом предлагаемые варианты рекуперации отходов ЦБК не нашли применения. Наиболее приемлемым вариантом является технология, заключающаяся в проведении инженерно-мелиоративных и агротехнических работ для предотвращения распространения загрязнения и создания оптимальных условий для протекания естественных природных процессов нейтрализации опасных веществ.

Бентонитовая глина обладает рядом специфических свойств, в том числе, пластичностью, высоким водопоглощением, выраженной сорбционной способностью. Это делает бентонитовую глину перспективным наполнителем для нейтрализации отходов, накопленных в картах-накопителях БЦБК.

Нами выделен ряд проблем хранения отходов БЦБК в картах-накопителях: 1) разрушение карт-накопителей, угрожающее разливом

токсичных отходов; 2) высокое содержание воды в отходах, затрудняющее их переработку и вывоз; 3) загрязнение надшламмовых вод и, соответственно, прилегающих территорий тяжёлыми металлами и органическими экотоксикантами.

Исходя из известных свойств бентонитовой глины, можно предположить следующие эффекты её применения для нейтрализации отходов в картах-накопителях: 1) укрепление стен карт-накопителей; 2) поглощение избыточной воды, предотвращение повторного обводнения отходов; 3) иммобилизация тяжёлых металлов путём ионного обмена; 4) адсорбция веществ органических загрязнителей.

Материалом для исследования послужили образцы бентонитовой глины месторождений «10-й Хутор», «Кайбальское-2» (Республика Хакасия), добычу осуществляет ООО «Бентонит Хакасии». Нами также проведена активация бентонитовых глин [7] карбонатом натрия и изучена их влагоёмкость (Таблица 1).

**Таблица 1. Влагоёмкость бентонитовых глин**

Образец глины	Влагоёмкость глины, мл/г
Природная глина «10-й Хутор»	0,73±0,02
Природная глина «Кайбальское-2»	0,77±0,01
Активированная глина «10-й Хутор»	1,25±0,02
Активированная глина «Кайбальское-2»	1,39±0,03

Влагоёмкость активированной глины почти в 2 раза выше исходной, наибольшей влагоёмкостью обладает активированная глина месторождения «Кайбальское-2». Следовательно, наиболее целесообразно использовать для нейтрализации отходов БЦБК активированную бентонитовую глину месторождения «Кайбальское-2».

Исходя из способности к водопоглощению можно оценить верхнюю границу количества глины, необходимого для нейтрализации накопленных отходов (Таблица 2). Предложена формула (1),  $K$  – необходимое количество глины, тыс. тонн;  $H$  – влажность осадков карт-накопителей, %;  $V$  – объём накопленных отходов, тыс. м<sup>3</sup>;  $C$  – водопоглощение, мл/г (м<sup>3</sup>/тону).

$$K = H * V / C \quad (1)$$

Однако требуемый технологический эффект может быть достигнут и при меньшем расходе материала, на что будут направлены наши дальнейшие исследования. Заданные количества материала могут быть добыты и поставлены: ежегодная добыча и производство активированной глины компанией ООО «Бентонит Хакасии» достигает почти 500 тыс. тонн в год, а промышленные запасы превышают 20 млн тонн [9].

**Таблица 2. Характеристики карт-накопителей [3, 8] и расчётное количество глины для их нейтрализации**

№ Карты накопителя	Объём накопленных отходов, тыс. м <sup>3</sup>	Влажность осадков карт-накопителей, %	Необходимое количество глины, тыс. тонн
1	326	70	164,2
2	235	82	138,6
3	235	83	140,3
4	384	75	207,2
5	478	44	151,3
6	321	75	173,2
7	531	79	301,8
8	693	86	428,8
9	595	72	308,2
10	331	79	188,1
Сумма	4129	-	2201,7

Таким образом, хранящиеся в картах-накопителях отходы производства БЦБК содержат большое количество воды, загрязнены тяжёлыми металлами и органическими экотоксикантами. Разрушение карт-накопителей, наводнения и опасная сейсмическая обстановка могут привести к разливу токсичных отходов и загрязнению прилегающий территорий и, что особенно важно, озера Байкала.

Нами предложено применить бентонитовую глину в качестве наполнителя карт-накопителей для захоронения и иммобилизации экологически опасных отходов. Целесообразнее применять активированную карбонатом натрия глину месторождения «Кайбальское-2». Предложена простая методика и установлен верхний предел количества глины, необходимого для нейтрализации накопленных отходов. Для захоронения и иммобилизации накопленных в картах-накопителях отходов требуется 2 млн тонн бентонита. Однако требуемый технологический эффект может быть достигнут и при меньшем расходе. Дальнейшие исследования следует направить на детальную разработку методов захоронения карт-накопителей шлам-лигнина бентонитовыми глинами и рекультивацию техногенно-нарушенных территорий.

#### Литература:

1. Омоноличивание отходов Байкальского ЦБК для снижения нагрузки экосистему оз. Байкал / Е. Н. Самарин, Н. С. Кравченко, О. В. Зеркаль, М.С. Чернов, И.А. Родькина // Сергеевские чтения : Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,

инженерной геологии и гидрогеологии, Пермь, 02–04.04.2019 г. – Пермь: ПГНИУ, 2019. – С. 533-538.

2. Информационно-аналитические материалы, подготовленные к заседанию Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал 27.05.2009 «О проблеме ликвидации накопленных отходов в результате деятельности байкальского ЦБК» Иркутск, 2009. 18 с.

3. Шатрова А.С., Богданов А.В., Качор О.Л. Исследование физико-химических свойств осадков шлам-лигнина ОАО «Байкальский ЦБК» при вымораживании // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – №8(103). – С. 99-107.

4. Богданов А.В., Шатрова А.С., Качор О.Л. Разработка экологически безопасной технологии утилизации отходов ОАО "Байкальский ЦБК" // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геохронология. – 2017. – № 2. – С. 47-53.

5. Fedyayeva O.N., Vostrikov A.A., Morozov S.V. Supercritical water oxidation of chlorinated waste from pulp and paper mill // Chemosphere. – 2021. – Vol. 283. – P. 131239. – DOI 10.1016/j.chemosphere.2021.131239.

6. Лапердин В.К. Экологический риск загрязнения озера Байкал отходами Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. — Тбилиси: Универсал, 2018, С. 419-432.

7. Гуска Р.В., Голубков В.А., Ворожцов Е.П. Обогащение природной бентонитовой глины однозарядными катионами // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – №1(1). – С. 201-204.

8. Иметхенов А.Б. Экология, охрана природы и природопользование : Учеб. для студентов вузов / А.Б. Иметхенов, А.И. Куликов, А.А. Атутов. - Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2001 (Тип. ВСГТУ). - 420 с.

9. Бентонит Хакасии. [Электронный ресурс]. Дата публикации в Интернет: 12.11.2023 <https://b-kh.ru/>



## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

**А.Р. Сиделева, В.Н. Колыбзева**

**МАОУ «Лицей № 7»,**

**г. Красноярск, anastasideleva@gmail.com**

**Научный руководитель: Голубков В.А., м.н.с. ИХХТ СО РАН**

*Бентонитовые глины широко используются в промышленности, они и их основной минерал – монтмориллонит, разного происхождения могут значительно различаться по свойствам. Эти отличия необходимо учитывать при переработке и применении глин для рационального использования ресурсов*

*Bentonite clays are widely used in industry. Bentonite clays and their main mineral, montmorillonite, of different origins can vary significantly in properties. These differences must be taken into account when processing and using clays for rational use of resources*

Бентонит или бентонитовая глина – глинистые горные породы, основным компонентом которых является минерал монтмориллонит [1]. В Республике Хакасия ООО «Бентонит Хакасии» ведёт активную добычу бентонита. Месторождение «10-й Хутор» является крупнейшим по объёмам добычи и сбыта в Российской Федерации [2]. В 2019 году получены лицензии на разведку и разработку еще одного месторождения – «Кайбальское-2».

Число направлений практического применения бентонитовых глин близко к 200. Бентонитовые глины являются важным компонентом буровых растворов [3]. Они используются как адсорбенты и материалы для их создания [4, 5], как энтеросорбенты [6], в строительстве [7], в качестве барьеров для ядерных и радиоактивных объектов [8], в металлургии и литейном производстве.

Содержание монтмориллонита, его состав и свойства зачастую являются определяющими факторами при выборе бентонитовых глин для промышленных нужд. Глины и их основной минерал – монтмориллонит, разного происхождения могут значительно различаться по свойствам. Эти отличия необходимо учитывать при переработке и применении глин для рационального использования ресурсов. Целью настоящей работы явилось сравнение бентонитовых глин месторождений Республики Хакасия, выявление их особенностей для создания рекомендаций их рационального применения.

Химический состав породообразующих оксидов, определённый методом рентгенофлуоресцентного спектрального анализа для бентонита месторождения «10-й Хутор»: SiO<sub>2</sub> 58,0 мас.%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13,9;

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5,0; MgO 3,5; CaO 2,2; TiO<sub>2</sub> 1,3; K<sub>2</sub>O 1,2; Cl 0,6; SO<sub>3</sub> 0,2; потери при прокаливании 13,5 мас.%. Бентонита месторождения «Кайбальское-2»: SiO<sub>2</sub> 53,1 мас.%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13,4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10,7; MgO 2,8; CaO 0,8; TiO<sub>2</sub> 1,5; K<sub>2</sub>O 1,4; Cl 0,7; SO<sub>3</sub> 0,3; потери при прокаливании 14,3 мас.%. Отличительными особенностями являются отсутствие Na в образцах, высокое содержание Mg и особенно Fe в образце глины месторождения «Кайбальское-2».

Количественное определение минералогического состава выполнялось методом порошковой рентгеновской дифракции с полнопрофильным анализом по методу Ритвельда (Рисунок 1) [9]. Компонентный состав бентонитовых глин приведён в Таблице 1.

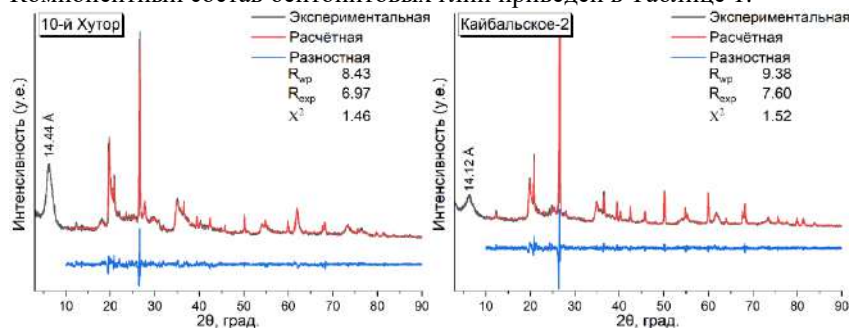


Рис. 1 – Экспериментальные, расчётные и разностные дифрактограммы бентонитовых глин, коэффициенты качества подгонки по методу Ритвельда

**Таблица 1. Минеральный состав бентонитовых глин**

Минерал	Доля, мас.%	
	«10-й Хутор»	«Кайбальское-2»
Монтмориллонит	69,8	52,3
Кварц	10,9	26,4
Каолин	1,6	9,5
Иллит	7,1	7,4
Анортит	6,9	3,3
Ортоклаз	2,6	-
Анатаз	0,7	1,1
Кальцит	0,5	-

Кроме того, составы структурных моделей монтмориллонита, позволяющие получить наилучшее согласие экспериментальных и расчётных дифрактограмм для глин разных месторождений, отличаются содержанием железа. В монтмориллоните «10-й Хутор» - 1,43 мас.%, а

«Кайбальское-2» - 3,21 мас.%. То есть в монтмориллоните «Кайбальское-2» выше доля изоморфных замещений Al→Fe.

Величина емкости катионного обмена (ЕКО, суммарная концентрация обменных катионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>) природных бентонитовых глин составляет 29,3 и 27 мг\*экв/100 г глины для образцов с месторождений «10-й Хутор» и «Кайбальское-2». Учитывая разницу в содержании монтмориллонита, можно предположить о большей ЕКО монтмориллонита «Кайбальское-2». Согласно вышеизложенным результатам, изоморфное замещение железом приводит к увеличению заряда слоя монтмориллонита и повышению емкости катионного обмена. Для проверки данного вывода применили метод синхронного термического анализа. Известно, что изоморфное замещение Al и Mg на Fe в кристаллической решётке монтмориллонита приводит к снижению его термической стойкости и, следовательно, к смещению пиков на ДСК и ДТГ кривых [10].

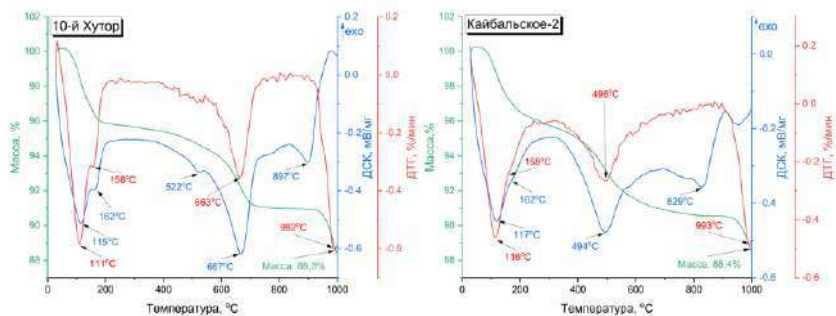


Рис. 2 – Термогравиметрические кривые образцов бентонитовой глины «10-й Хутор» и «Кайбальское-2» в атмосфере аргона

Сигнал при 667 °С для глины «10-й Хутор» с потерей массы 4,85 % связан с дегидроксилированием монтмориллонита, у «Кайбальское-2» основной эндотермичный пик смещается к 494 °С (Рис. 2). Данные результаты полностью подтверждают наше обнаружение.

Таким образом, нами исследованы бентонитовые глины промышленно значимых месторождений Республики Хакасия «10-й Хутор» и «Кайбальское-2» Они отличаются содержанием монтмориллонита (68,9 и 52,3 %), набором и содержанием примесных минералов. Монтмориллонит месторождения «Кайбальское-2» имеет большую степень изоморфного замещения железом, что приводит к большей ёмкости катионного обмена, низкой термической устойчивости.

Данные отличия влияют на технологические свойства и должны учитываться при применении.

По результатам проведённых исследований можно дать следующие рекомендации применения: в строительстве, в составах для бурения, создании геотехнических барьеров, для гигиенических наполнителей глины обоих месторождений применимы в равной степени. Из-за высокого содержания железа глину месторождения «Кайбальское-2» не рекомендуется использовать в производстве керамики и в литейном производстве в качестве минеральных связующих в составах формовочных и стержневых смесей и противопопригарных покрытий.

#### Литература:

1. Сравнительная характеристика бентонитовых глин месторождений Республики Хакасия «10-й Хутор» и «Кайбальское-2» / В.А. Голубков, Г.А. Горенкова, Е.П. Ворожцов, М.А. Беспалова, С.В. Бортников, О.П. Таран // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2023. – №16(3). С. 459–471.

2. Белоусов П.Е., Крупская В.В. Бентонитовые глины России и стран ближнего зарубежья. // Георесурсы. – 2019. – №21(3). – С. 79-90.

3. Экспериментальное исследование антифрикционных свойств буровых растворов с наночастицами / А.В. Минаков, Е.И. Михиенкова, А.В. Матвеев, А.Л. Неверов // Трение и износ. – 2019. – №40(5). – С. 545-552.

4. Рахмонов О.К., Мамадалиева С.В. Результаты экспериментальных испытаний технологий производства механо-химических и кислотно-активируемых адсорбентов для очистки парафинов и церезинов // *Universum: технические науки*. – 2021. – №6-3(87). – С. 102-104.

5. Гуска Р.В., Голубков В.А., Ворожцов Е.П. Обогащение природной бентонитовой глины однозарядными катионами // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2020. – №1(1). – С. 201-204.

6. Карлов А.Г., Дзагуров Б.А. Применение бентонитовой подкормки молодняку крупного рогатого скота на откорме в качестве энтеросорбента по отношению к тяжелым металлам // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2021. – №58(2). – С. 110-116

7. Utilization of Pakistani bentonite as partial replacement of cement in concrete / Memon S. A., Arsalan R., Khan S., Lo T. Y. // *Construction and building materials*. – 2012. – №30: P. 237-242.

8. Применение природных глинистых материалов в рамках работ по повышению уровня ядерной и радиационной безопасности объектов ядерного наследия / В. В. Крупская, Д. В. Бирюков, П. Е. Белоусов [и др.] // *Радиоактивные отходы*. – 2018. – № 2(3). – С. 30-43.

9. Количественные методы определения содержания монтмориллонита в бентонитовых глинах / П. Е. Белоусов, Б. В. Покидько, С. В. Закусин, В. В. Крупская // Георесурсы. – 2020. – Т. 22, № 3. – С. 38-47

10. Горюшкин В.В. Технологические свойства бентонитов палеоцена воронежской антеклизы и возможности их изменения // Вестник воронежского университета. Геология. – 2005. – №1. С. 166-177.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ**

**А.Н. Горбунов, Н.Д. Осипова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, rbhlz321@gmail.com**

**Научный руководитель: Немущенко Д.А., старший преподаватель**

*Проведен анализ современного состояния в области получения строительных материалов на основе вторичного полимерного сырья. Изучены физико-химические свойства пластиковых отходов коммунального происхождения, выявлены наиболее распространенные полимеры в составе ТКО и технологии их утилизации. На основе патентного поиска сформулированы задачи экспериментального исследования по разработке или модификации оптимальных технологий получения строительных композитов из фракции коммунальных отходов, образующихся при внедрении раздельного сбора мусора в Новосибирской области.*

*An analysis of the current state in the field of production of building materials based on recycled polymer raw materials has been carried out. The physicochemical properties of plastic waste of municipal origin have been studied, the most common polymers in the composition of solid municipal waste and technologies for their disposal have been identified. Based on a patent search, the objectives of an experimental study on the development or modification of optimal technologies for producing building composites from the fraction of municipal waste generated during the introduction of separate waste collection in the Novosibirsk region are formulated.*

Коммунальные отходы, содержащие в своем составе преимущественно полимеры, стали глобальной проблемой, актуальной в современном мире. Отсутствие эффективных методов утилизации и рост потребления пластика приводит к накоплению отходов, которые не только загрязняют окружающую среду, но и приносят вред здоровью людей.

Представляют опасность для окружающей среды именно синтетические полимеры, к таким относят: полиэтилен, полипропилен, формальдегидные смолы. Синтетические полимеры отличаются своим долгим разложением, что представляет опасность для человека, живых организмов и экосистем.

Химические свойства полимеров зависят от их химического состава, молекулярной массы и структуры [1]. Они могут содержать двойные связи и функциональные группы, которые влияют на их свойства. В некоторых случаях отдельные макромолекулы могут соединяться поперечными связями. Этот процесс называется вулканизацией, и он преобразует линейные макромолекулы, особенно термореактивных полимеров, в трехмерные сетчатые структуры.

Изделия, вышедшие из эксплуатации, и состоящие из таких полимеров как поливинилхлорид, полистирол, полиуретан, полиметилметакрилат, в условиях нахождения на полигонах (свалках) при определённых температурах способны воспламенятся. При их разложении в атмосферу могут выделяться токсичные газы: хлористый водород, угарный газ, фосген, цианистый углерод, угарный газ, стирол, диоксины и другие газы. Температура воспламенения данных материалов начинается от 254 °С, поэтому изделия из полимеров также представляют опасность для человека во время неконтролируемого горения (пожара) в жилых и производственных помещениях.

Неправильная утилизация полимерных материалов, включая мусор в океанах и несанкционированные свалки, приводит к значительному загрязнению окружающей среды. Пластик, например, под воздействием атмосферных условий может разлагаться на мельчайшие частицы, образующие так называемый «микропластик», которые могут наносить вред экосистемам, и через пищевые цепочки здоровью человека.

В течение долгого времени полимеры интегрировались в повседневную жизнь, и сейчас составляют почти половину всех коммунальных отходов. Среди полимеров, из которых состоят вышедшие из эксплуатации изделия, стоит выделить:

- поливинилхлорид, который может составлять от 10 % до 20 % общего объема пластиковых отходов;
- полиэтилен составляет от 30 % до 50 % пластиковых отходов;
- полистирол составляет от 5 % до 10 % от общего объема пластиковых отходов;
- доля АБС-пластика в коммунальных отходах может быть сравнительно небольшой, обычно менее 5 %.

Расширение сырьевой базы строительной отрасли может происходить за счет использования вторичных ресурсов, таких как продукты переработки изделий из полимеров. Они могут использоваться в качестве заполнителя в цементно-асфальтовых смесях или изоляционных материалах. Вовлечение вторичных продуктов помогает снизить нагрузку на окружающую среду от добычи природных материалов, а также приводит к сокращению затрат на производство строительных изделий.

В настоящее время существует большое количество разработанных композитных материалов на основе полимеров, использующихся в строительной сфере.

Полимерная композиция [2] на основе органического наполнителя, предназначенная для изготовления строительных материалов, товаров народного потребления, упаковки, в мебельной промышленности и других отраслях. В качестве наполнителей применяют известковую муку, карбонат кальция, измельченную солому, древесные опилки.

Органический наполнитель смешивают с целевыми добавками. Полученную смесь компаундируют, гранулируют, а в полученный гранулят вводят модифицирующую добавку в виде наноразмерных частиц сухим шаржированием. Полимерную композицию, состоящую из данных компонентов, можно перерабатывать в изделия способами литья под давлением, экструзией, прессованием.

Древесно-наполненная пластмасса и способ ее получения приведен в [3]. Изобретение может быть использовано для изготовления конструкционного, теплоизоляционного и облицовочного строительного материала. В качестве неорганической добавки могут использоваться различные вещества: карбонаты, сульфаты, оксиды металлов и другие вещества, в частности слоистые силикаты (вермикулит, мусковит, тальк и др.), а также смесь двух или более дисперсных неорганических веществ с размером частиц не более 20 мкм. Способ получения древесно-наполненной пластмассы на основе термопластичного полимерного связующего и дисперсного древесно-растительного наполнителя включает в себя сушку, модифицирование, смешение и термоформование.

Сырьевая смесь [4] для изготовления изделий из композиционных материалов может быть использована для изготовления конструкционного, теплоизоляционного и облицовочного материала. Смесь состоит из органического наполнителя (древесные отходы) и измельченных полимеров – фенопласт, ПВХ, полиэтилен. Смешение производится в скоростном роторном измельчителе с одновременным

доизмельчением компонентов. Смесь прессуется в виде пластин в плунжерных формах на гидропрессе с электрообогревом.

В смеси по [5] для получения композиционных строительных материалов в качестве основного компонента также используется органический наполнитель – древесная стружка, древесная мука, солома, лузга подсолнечника, льняная костра и т.п. Рецептúra отличается от [4] введением гипса.

По [6] смесь для получения изделий из композиционных материалов включает обожженный кварцевый песок 30-40 % масс., отходы полиэтилентерефталата 60-50 %, отходы полиэтилена 5-10 %, мел 2,5-3,5 %, высокодисперсный оксид кремния 2,5-2,0 %. Для приготовления смеси используются отходы термопластов, подвергнутые измельчению сначала при термомеханической обработке в присутствии мела, а затем при тонком помоле - в присутствии высокодисперсного оксида кремния.

В рамках данной работы была поставлена цель: разработать рецептúra и технологию получения экспериментальных образцов, включающих полимерные отходы и соответствующих требованиям государственных стандартов для материалов строительного назначения. За время исследования были выполнены следующие задачи:

- проведен литературный обзор и патентный поиск;
- подготовлены сырьё и материалы;
- отработана технология формования экспериментальных образцов;
- проведена формовка партии экспериментальных образцов.

При подборе рецептúra за основу были взяты патенты:

- RU 2623754C1 «Смесь для получения композиционных строительных материалов»;
- RU 2005752C1 «Полимерная композиция и профильно-погонажная деталь из нее».

В качестве полимерного связующего был выбран полиэтилен (ПЭ) в виду значительного его содержания в ТКО. В качестве наполнителей полимерной матрицы были взяты песок и опилки для рецептúra №1, опилки и стеклобой фракции менее 0,4 мм для рецептúra № 2, опилки и стеклобой фракции 0,4...0,9 мм. Песок будет формировать каркас и обеспечивать необходимую прочность при сжатии. Опилки обладают низкой теплопроводностью. Стеклобой как компонент был выбран также с целью создания надёжного каркаса будущего композитного материала. Выбранные материалы имеют низкую относительную стоимость и доступны. Рецептúra приведены в табл. 1.



**Таблица 1 – Рецептуры экспериментальных образцов**

Рецептура	Содержание компонентов, % масс.				
	Песок	Опилки	Стеклобой < 0,4 мм	Стеклобой 0,4...0,9 мм	ПЭ
№ 1	20	20	-	-	60
№ 2	-	20	20	-	60
№ 3	-	20	-	20	60

Получены экспериментальные образцы по технологии горячего прессования. В дальнейшем планируется определить плотность образцов, провести испытания на прочность при сжатии и изгибе, на водопоглощение и теплопроводность, довести технологию до получения образцов, соответствующих требованиям ГОСТ, оценить эффективность введения добавок, повышающих эксплуатационные свойства.

#### Литература:

1. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров. Учебник. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 624 с.

2. Патент № RU 2520462C2. Сырьевая смесь для изделий из композиционных материалов. Заявка № 2011130000/05, заявл. 19.07.2011, опублик. 27.06.2014 / Галеев М.М., Ибрафиллов З.Х.

3. Патент № RU 2081135C1. Экологически чистая древесно-наполненная пластмасса и способ ее получения. Заявка № 2004120719/03, заявл. 06.07.2004, опублик. 27.02.2006 / Жданова Т.Д., Миронов В.С., Коташевская Г.В., Коршун О.А., Быкова О.Н.

4. Патент № RU 2020142C1. Смесь для изготовления изделий из композиционных материалов. Заявка № 2000109779/04, заявл. 05.02.1991, опублик. 30.09.1994 / Жирнов А.Г., Лукасик В.А., Субботин В.Е., Чирков В.Н.

5. Патент № RU 2116281C1. Сырьевая смесь для изделий из композиционных материалов. Заявка № 2019111413, заявл. 22.01.1997, опублик. 27.07.1998 / Голованчиков А.Б., Жирнов А.Г., Лукасик В.А., Анцупов Ю.А., Жирнов Р.А., Тужиков О.О., Дьяченко М.Н.

6. Патент № RU 2270817C1. Сырьевая смесь для изделий из композиционных материалов. Заявка № 2004120719/03, заявл. 06.07.2004, опублик. 27.02.2006 / Лукасик В.А., Анцупов Ю.А., Сычев Н.В., Медведев В.П., Лукьяничев В.В., Медведев Д.В.

## **ПОЛУЧЕНИЕ НОВОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ – ОРОДИСПЕРГИРУЕМЫХ ПЛЁНОК-ПОЛОСОК НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

**М.А. Гунович**

**ГУО «Гимназия г. Сморгонь»,  
г. Сморгонь, Республика Беларусь,**

**Научные руководители: Савицкая Т.А., д.х.н., профессор,  
Гриншпан Д.Д., д.х.н., профессор, Кимленко И.М., к.х.н., доцент**

*Разработаны рецептуры и лабораторные технологии получения диспергируемых в полости рта плёнок-полосок на основе пищевых полимеров, предложено их использование в качестве лекарственной формы, исследованы их органолептические и физико-механические свойства.*

*We have developed recipes and laboratory technologies for producing oral strips based on polymers of natural origin and researched their organoleptic and physical properties. The use of oral strips as a dosage form has been proposed.*

Создание съедобных плёнок на основе природных полимеров — актуальное и развивающееся направление исследований в области «Зеленой» химии. Помимо использования в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов, такая плёнка может стать носителем для биологически активных и лекарственных веществ [1,2].

Лекарственные быстрорастворимые во рту пленки-полоски (oral strips) позиционируются как новая лекарственная форма на территории постсоветского пространства. Они предназначены для перорального применения и обеспечивают трансмукозальную доставку биологически активных и фармацевтических компонентов. Благодаря такому способу применения тонкая пленка в ротовой полости быстро диффундирует по всей слизистой оболочке и её ингредиенты попадают прямо в системный кровоток организма [3].

Таким образом, ородиспергируемые плёнки-полоски обладают рядом преимуществ: удобство применения, повышенная эффективности действия биологически активных компонентов, возможность снижения дозы целевого компонента [4].

Целью настоящей работы явилась разработка рецептов и лабораторной технологии получения ородиспергируемых лекарственных пленок-полосок на основе природных полимеров, в качестве новой лекарственной формы, а также исследование их физико-механических и органолептических свойств.

Для изготовления ородиспергируемых плёнок-полосок были

использованы плёнкообразующие полимеры природного происхождения: кукурузный крахмал и альгинат натрия.

Однако формовочные композиции для создания таких плёнок состоят не только из нескольких полимерных компонентов, но и содержат различные добавки: в качестве пластификатора был выбран глицерин; с целью улучшить органолептические и функциональные свойства использовали растительные добавки: банановый порошок, сушеный имбирь, фундук, лимонная кислота.

При выборе лекарственных препаратов и БАДов для изготовления экспериментальных образцов учитывалось их агрегатное состояние, растворимость в воде и спирте, востребованность лекарства потребителями.

Приготовление формовочных композиций на основе кукурузного крахмала и альгината натрия (90:10), проводилось по методике, описанной в монографии Савицкой Т.А. «Биоразлагаемые композиты на основе природных полисахаридов» [5].

Действующие компоненты вводились в композиции различными способами: в виде водных суспензий и растворов непосредственно перед формованием плёнок или использовались в качестве растворителя для полимеров (такой способ использовали для лекарственных сиропов).

В ходе эксперимента было изготовлено 9 различных видов плёнок-полосок на основе природных пищевых полимеров, которые содержат БАДы: «Терафлекс», «Черника форте» (рисунок, *а*), «Железо хелат» и «Хлорофилл жидкий» или лекарственные компоненты: «Валидол» (рисунок, *б*), «Ибупрофен», лекарственные сиропы от кашля «Девясил» и «Амбровикс».



Рис. – Ородиспергируемые плёнки-полоски, содержащие биологически активные компоненты: *а* – БАД «Черника форте», *б* – лекарственное средство «Валидол»

Механические свойства плёнок: относительное удлинение (%) и прочность на разрыв ( $F_{max}$ ) — измеряли с помощью разрывной машины Zwick/RoellZ 0.5 при температуре окружающей среды. Установлено, что

полученные пленки имеют удовлетворительные прочностные свойства и характеризуются значениями напряжения при разрыве 10–20 Н/мм<sup>2</sup> и относительного удлинения 15-20 %.

Содержание биологически активных соединений в изготовленных плёнках исследовали путем сравнения ИК- и УФ-спектров полученных образцов и исходных лекарственных средств.

В связи с пероральным способом применения ородиспергируемые плёнки-полоски должны обладать приемлемыми органолептическими характеристиками. Также, в них нельзя вводить препараты, раздражающие слизистую оболочку полости рта и нестабильные при pH слизистой оболочки. Действующие вещества, а также органолептические свойства всех полученных образцов представлены в таблице.

**Таблица - Характеристика состава и свойств плёнок-полосок с биологически активными компонентами**

Название образца	Действующие вещества	Свойства
Плётки-полоски «Девясил»	Алантактон	Пластичны; имеют приятный сладкий вкус
Плётки-полоски «Амбровикс»	Амброксола гидрохлорид	Пластичны и эластичны; обладают приятным вкусом; полупрозрачные со слабым блеском
Плётки-полоски «Ибупрофен»	Ибупрофен	Шероховатые на ощупь; с горьковатым привкусом
Плётки-полоски «Ибупрофен» с растительными добавками	Ибупрофен; витамины и микроэлементы (в составе растительных добавок: фундук, банановый порошок)	Гладкие, эластичные; обладают приятным вкусом и легким ореховым ароматом
Плётки-полоски «Валидол»	Левоментола раствор в ментил изовалерате	Не пластичны; обладают вкусом, идентичным исходному лекарству
Плётки-полоски «Терафлекс»	Глюкозамина гидрохлорид, хондроитина сульфат натрия	Достаточно пластичны; имеют кислый привкус; ярко-желтого цвета
Плётки-полоски «Железо хелат»	Аскорбат железа, витамин С	Не пластичны; с легкой кислинкой
Плётки-полоски «Черника форте»	Экстракт черники, витамины С, Р, В1, В2 и В6, цинка лактат, рутин	Достаточно пластичны; имеют кислый привкус; ярко-желтого цвета
Плётки-полоски «Хлорофилл жидкий»	Хлорофилл, лимонная кислота, фенольные соединения (имбирь)	Эластичны; темно-зеленого цвета; имеют сладковатый вкус

С целью установления уровня востребованности новой лекарственной формы среди был проведен опрос добровольцев, которым предлагалось попробовать быстрорастворимые пленки-полоски и дать ответ на следующий вопрос: «Согласны ли вы принимать данную лекарственную форму с целью доставки биологически активных веществ вместо существующих таблеток/капсул?», выбрав один из предложенных вариантов ответа (да, скорее да, нет, скорее нет, затрудняюсь ответить). Вариант «Да» выбрали 53% респондентов. Ответ «Скорее да» – 40%, «Затрудняюсь ответить» – 7%. Ни один из проголосовавших не выбрал варианты ответа «Нет» и «Скорее нет».

Результаты опроса свидетельствуют о том, что ородиспергируемые пленки-полоски являются актуальной лекарственной формой для современного фармацевтического рынка.

Проведенное исследование было направлено на разработку новой формы для лекарственных препаратов и БАДов – быстрорастворимых во рту пленок-полосок (oral strips), а также исследование их механических и органолептических свойств. В ходе данной работы были модифицированы составы полимерных композиций для формирования пленок-полосок на основе природных полисахаридов (КК и АН), путём введения в них различных биологически активных и лекарственных компонентов.

В ходе эксперимента были получены лекарственные пленки-полоски, содержащие различные действующие вещества. Изучена возможность введения в такие пленки вспомогательных компонентов растительного происхождения с целью улучшить их свойства. Например, добавление измельченного фундука и лимонной кислоты провоцирует слюноотделение, что способствует лучшей растворимости пленки в полости рта, а добавка «Имбирь молотый» повышает антимикробную и противовирусную активность пленок.

Было установлено, что введение вспомогательных компонентов растительного происхождения не влияет на физико-механические свойства полученных пленок. Такие добавки оказывают положительный эффект на органолептические свойства пленок-полосок: удачно маскируют специфические привкусы действующих веществ, придают пленкам приятный аромат.

На основании проведенного опроса, установлено, что ородиспергируемые пленки-полоски являются актуальной лекарственной формой для современного фармацевтического рынка.

Разработанный продукт является новым на территории постсоветского пространства. Благодаря удобству применения такая форма лекарственного средства подходит таким группам пациентов как

дети, лежачие больные, пациенты с проблемой дисфазии и др., что позволяет увеличить число потенциальных пациентов-потребителей.

*Работа выполнялась при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X22B-005).*

Литература:

1. Nishi, T., Mayank, B., Neha, S. Overview A Novel Approach of Fast Dissolving Films and Their Patients / T. Nishi, B. Mayank, S. Neha // *Advances in Biological Research*. – 2013. - № 7 (2). – P. 50 – 58.

2. Arun, A., Amrishi, C., Vijay, S., Kamla, P. Fast Dissolving Oral Films: An Innovative Drug Delivery System and Dosage Form / A. Arun, C. Amrishi, S. Vijay, P. Kamla // *International Journal of ChemTech Research*. – 2010. - №2 (1). – P. 576 – 583.

3. Smart, J. D. Drug delivery using buccal adhesive system / J. D. Smart // *Advanced Drug Delivery Reviews*. – 1993. - №11. – P. 253 – 270.

4. FAST DISSOLVING ORAL FILM: OVERVIEW [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7957312/#:~:text=Rapidly%20dissolving%20oral%20films%20are,and%20immediate%20bioavailability%20of%20drugs>. – Дата доступа: 12.08.2023

5. Савицкая, Т. А. Биоразлагаемые композиты на основе природных полисахаридов / Т.А. Савицкая // *Полимерные материалы и технологии*. – Минск: БГУ, 2018.

## **ЗАВИСИМОСТЬ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

**С.А. Каштанова, К.А. Даниленко,  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск  
Научный руководитель: Каштанова Е.В, д.б.н, доцент**

*В данной работе рассмотрены источники питьевой воды, исследована зависимость проявления у людей терапевтических заболеваний от качества питьевой воды, зафиксированного в регионах и конкретных населенных пунктах на примере сел Коченевского района.*

*This work examines sources of drinking water, and examines the dependence of the manifestation of therapeutic diseases in people on the quality of drinking water recorded in regions and specific settlements using the example of villages in the Kochenevsky district.*

Вода является одним из самых незаменимых материальных ресурсов, от которого зависит жизнь и развитие человечества: она является способом создания материальных благ, обеспечивает существование человека (наш организм на 60% состоит из воды, которая помогает преобразовать пищу в энергию, усваивать питательные вещества, увлажняет кислород для дыхания, регулирует температуру тела, участвует в обмене веществ, защищает жизненно важные органы, смазывает суставы, выводит различные отходы из организма и т.д.), является альтернативным источником добычи электроэнергии. Однако, вместе с тем водные ресурсы могут представлять значительную угрозу для жизни и здоровья населения, и это выражается не только в природных катаклизмах или ежегодном подтоплении территорий, но и при использовании ее в качестве сырья, пригодного для питья.

Водные ресурсы нашей планеты включают в себя поверхностные и подземные воды, которые так же принято подразделять на несколько классов в зависимости от пригодности их к разнообразным сферам хозяйствующей деятельности:

- 1 класс качества воды — чистая
- 2 класс качества воды — слабо загрязненная
- 3 класс качества воды — загрязненная и очень загрязненная
- 4 класс качества воды — грязная и очень грязная
- 5 класс качества воды — экстремально грязная

Централизованное водоснабжение населения Новосибирской области осуществляется как из поверхностных, так и подземных источников. Если говорить про город Новосибирск, здесь преобладает поверхностное водоснабжение, а удельный вес городского населения, обеспеченного доброкачественной питьевой водой, составляет 94,7% [1]. Однако в пределах Новосибирской области, в хозяйственно-питьевых целях преимущественно используются подземные источники, которые по качеству и требуемой степени водоподготовки относятся ко второму классу источников водоснабжения [2], то есть нуждается в дополнительной обработке, до доведения их качественного состава до требований Сан-ПиН 1.2.3685-21.

Изучение водоснабжения сельских районов Новосибирской области, позволило выделить населенный пункт с повышенным уровнем жесткости воды и содержанием железа. Жесткая вода обычно определяется как вода, содержащая высокую концентрацию ионов кальция и магния, однако жесткость может быть вызвана рядом других растворенных металлов; они образуют двухвалентные или многовалентные катионы, включая алюминий, барий, стронций, железо, цинк и марганец.

Общая жесткость включает как временную, так и постоянную жесткость, вызванную содержанием кальция и магния, на основе которых вода классифицируется как мягкая, жесткая и очень жесткая. Соотношение кальция и магния в воде также является решающим фактором, указывающим на жесткость и являющимся причиной ряда проблем со здоровьем. Жесткость обычно поступает в грунтовые воды, когда вода просачивается через минералы, содержащие кальций или магний. Наиболее распространенными источниками жесткости являются известняк (который вводит кальций в воду) и доломит (который вводит магний).) Поскольку жесткость поступает в воду таким образом, грунтовые воды обычно имеют большую жесткость, чем поверхностные воды [3].

На крупных водозаборах подземные воды перед подачей потребителям проходят подготовку, а вода, подаваемая жителям мелких населенных пунктов чаще всего, не проходит никакой водоподготовки, в следствие чего, жители используют в питьевых целях воду, которая не всегда отвечает санитарным правилам по содержанию железа, марганца и общей жесткости, что объясняется природными особенностями области. Так же химическое загрязнение подземных вод может ускоряться и усугубляться антропогенной деятельностью, такой как добыча полезных ископаемых, сельскохозяйственная деятельность, сточные воды.

По данным государственных докладов «О СОСТОЯНИИ И ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ» с 2018 по 2022 год, одним из районов, с показателями, превышающими средне областные значения по санитарно-химическим показателям качества воды, является Коченевский район. Исследования показывают, что неудовлетворительное качество питьевой воды является важным этиологическим фактором риска развития патологии пищеварительной системы, почек и других заболеваний.

Целью нашего исследования было сравнить встречаемость некоторых терапевтических заболеваний у городского населения и одного из сел Коченевского района, вода которого не соответствует требованиям СанПиН.

### **Материалы и методы**

Работа проведена совместно с Научно-исследовательским институтом терапии и профилактической медицины – филиалом Института цитологии и генетики СО РАН. В исследование было включено 186 человек, лица, проходившие скрининг обследование в НИИТПМ и имеющие социально-демографическую информацию и историю хронических заболеваний. Основная группа – 62 жителя



сельской местности, вода которой не соответствует Сан-ПиН 1.2.3685-21 Контрольная группа, сопоставимая по полу и возрасту, формировалась случайным образом из базы данных скрининга НИИТПМ (городских жителей).

Данные по качеству воды были взяты из государственных докладов «О СОСТОЯНИИ И ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ» за 2018-2022 гг. и сайта Администрации Прокудского сельсовета Коченевского района Новосибирской области.

По состоянию на 2020 год, вода в этой местности не соответствовала СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», превышение ПДК по жесткости и железу.

Статистическая обработка проводилась с использованием программы SPSS 20.0. Для сравнения долей использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона. Статистически значимым различие считали при  $p < 0,05$ .

### **Результаты исследования**

Исследование показало, что в группе сельского населения встречаемость ХБП, в том числе пиелонефритов статистически значимо выше, чем в группе сравнения ( $p=0,005$ ). Мочекаменная болезнь имела у 19,4 % лиц основной группы и 12,9 лиц контрольной группы, но разница не достигла статистической значимости ( $p=0,061$ ). Изучение распространенности таких заболеваний, как бронхиальная астма, сердечная недостаточность, хронический холецистит не выявили достоверной разницы между исследуемыми группами.

Наши данные согласуются с рядом работ. Так, исследование, проведенное в Тамбовской области, где общая жесткость питьевой воды составляла 7–10 мг-экв/л, показало увеличение встречаемости болезней системы кровообращения и рост болезней органов пищеварения, мочеполовой и костно-мышечной систем, заболеваемости сахарным диабетом [4]. По данным С.Е. Скударнова и соавт. [5], у жителей Красноярского края с увеличением жесткости используемых для питья подземных вод до 1,1–2,4 ПДК повышался уровень болезней мочеполовой, костно-мышечной и пищеварительной систем.

В заключении хотелось бы отметить, что на состояние здоровья человека как прямо, так и косвенно влияет целая совокупность факторов в течении всей жизни, а потому однозначно судить о влиянии только этого фактора мы не можем, однако результаты анализа позволяют нам говорить о том, что качество питьевой воды в регионе проживания человека оказывает влияние на его состояние здоровья и качество жизни.

#### Литература:

1. О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2021 году. – Новосибирск, 2022. – 180 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2022 году. – Новосибирск, 2023. – 201 с.
3. Prepas EE, Pinel-Alloul B, Chambers PA, Murphy TP, Reedyk S, Sandland G, et al. Lime treatment and its effects on the chemistry and biota of hardwater eutrophic lakes. *Freshw Biol.* 2001;46:1049–60
4. Golubev I.M., Zimin V.P. On the standard of the total hardness in drinking waters. *Gigiena i sanitariya.* 1994; 73(3): 22–3.
5. Skudarnov S.E., Kurpatov S.V. Incidence of non-communicable diseases and health risks due to portable water quality. *Gigiena i sanitariya.* 2011; 90(6): 30–2. (in Russian)
6. О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2020 году. – Новосибирск, 2021. – 176 с.

## **МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО**

**Дерягина А.В., Гуровский В.В., Громов Н.В.**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, n.v.gromov@corp.nstu.ru**

*В ходе данной работы, был проведен литературный анализ существующих методов утилизации красителей на примере метиленового синего. Приведены примеры существующих методов для утилизации метиленового синего. Показана перспективность использования озонирования, совмещенного с каталитическими подходами, как современного окислительного метода.*

*In the course of this work, a literature analysis of existing methods for the disposal of dyes has been carried out, using methylene blue as an example. Examples of existing methods for the utilisation of methylene blue are given. The prospect of using ozonation together with catalytic systems as a modern oxidative method is shown.*

Производство органических красителей постоянно растет в связи с их высокой востребованностью, особенно в текстильной промышленности. Эти химические вещества (красители) ежегодно массово производятся тысячами тонн по всему миру [1]. Последствия огромного производства и использования органических красителей заключаются в том, что они оказываются в окружающей среде после процессов крашения и отделки. Органические красители не утилизируются в ходе традиционных процессов водоподготовки и сохраняются в окружающей среде благодаря своей высокой устойчивости к температуре, свету, воде становясь угрозой для биотических компонентов окружающей среды [2].

Метиленовый синий (МС) - один из органических красителей, который в большом количестве применяется в качестве красителя для бумаги, шерсти, шелка и хлопка. Кроме того, пищевая, косметическая и фармацевтическая промышленность не остаются в стороне от потребления большого количества красителя МВ для своих производств [3]. Однако сброс частично очищенных или неочищенных сточных вод, содержащих МС, с любого из вышеперечисленных производств может привести к большому риску для здоровья. Например, у человека МС краситель может вызывать различные заболевания, такие как цианоз, некроз тканей, рвоту, желтуху и другие [4]. Таким образом, негативные последствия, связанные со сточными водами, насыщенными красителями МС, обуславливают необходимость утилизаций перед промышленным сбросом в водную среду.

Для удаления красителя из окружающей среды широко применяются различные методы очистки, включая биологические (использование ферментов и микроорганизмов), химические (использование современных окислительных процессов) и физико-химические (в основном адсорбция). К адсорбционным методам относятся, в частности, использование рисовой шелухи и биоугля [5], цеолита [6] и активированного угля. К химическим методам можно отнести озонирование, окисление при помощи пероксида водорода и систем Фентона, фото Фентона и применение к выше сказанным каталитических систем. Методы биодegradации для устранения МС включают в себя использование микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и водоросли.

Физико-химические, адсорбционные и биологические подходы отличаются простотой, гибкостью и эффективностью. Вместе с тем они имеют ряд недостатков, таких как зависимость от рН, дороговизна, проблема утилизации вторичного осадка и большие затраты времени. [7]. Необходим поиск метода, который может утилизировать синтетические красители до максимально безопасных составляющих. Одним из

потенциальных и перспективных методов является озонирование. Озонирование относится к современным методам окисления. Данный метод обладает как преимуществами, так и недостатками к преимуществам можно отнести, практичность, дешевизна, экологичность, к недостаткам, низкую стабильность и растворимость. Использование озона в совокупности с каталитическими методами окисления, показывает большой потенциал, для обезвреживания синтетических красителей в том числе и МС [8].

В данной работе был проведен литературный анализ, посвященный методам удаления красителя метиленового синего.

В ходе анализа литературных данных, применение различных методов утилизации красителя метиленового синего имеют как преимущества, так и недостатки что позволяет осуществлять поиск наиболее стабильных и эффективных методов.

#### Литература

1. F.D. Chequer, G.R. De Oliveira, E.A. Ferraz, J.C. Cardoso, M.B. Zanoni, D.P. De Oliveira, Textile dyes: dyeing process and environmental impact, Eco-friendly textile dyeing and finishing 6 (2013) 151–176, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.126050>

2. J. Sharma, S. Sharma, V. Soni, Classification and impact of synthetic textile dyes on Aquatic Flora: a review, Regional Studies in Marine Science 45 (2021), 101802, <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101802>

3. S. Dardouri, J. Sghaier, Adsorptive removal of methylene blue from aqueous solution using different agricultural wastes as adsorbents, Kor. J. Chem. Eng. 34 (2017) 1037–1043, <https://doi.org/10.1007/s11814-017-0008-2>.

4. R. Ahmad, R. Kumar, Adsorption studies of hazardous malachite green onto treated ginger waste, J. Environ. Manag. 91 (2010) 1032–1038, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.12.016>.

5. A. Ahmad, N. Khan, B.S. Giri, P. Chowdhary, P. Chaturvedi, Removal of methylene blue dye using rice husk, cow dung and sludge biochar: characterization, application, and kinetic studies, Bioresour. Technol. 306 (2020), 123202, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123202>

6. M. Muniyandi, P. Govindaraj, G. Bharath Balji, Potential removal of Methylene Blue dye from synthetic textile effluent using activated carbon derived from Palmyra (Palm) shell, Mater. Today Proc. 47 (2021) 299–311, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.468>.

7. Performance evaluation of dye wastewater treatment technologies: A review / H.M. Solayman, Md. Arif Hossen, Azrina Abd Aziz, Noor Yahida Yahya, Kah Hon Leong, Lan Ching Sim, Minhaj Uddin Monir, Kyung-Duk

Zoh // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2023. Vol. 11. Iss. 3. – p. 2. – doi: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.10.002>

8. Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater / Oladoye P.O., Ajiboye T.O., Omotola E.O., Oyewola O.J. // Results in Engineering. -2022. – Vol.16. – P.1.- doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100678>

9. M. Babar, H.M.S. Munir, A. Nawaz, N. Ramzan, U. Azhar, M. Sagir, M.S. Tahir, A. Ikhlaq, S.N. huda Mohammad Azmin, M. Mubashir, K.S. Khoo, K.W. Chew, Comparative study of ozonation and ozonation catalyzed by Fe-loaded biochar as catalyst to remove methylene blue from aqueous solution, Chemosphere 307 (2022), 135738, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135738>.

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ 5- ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В 2,5-ДИФОРМИЛФУРАН**

**О.Р. Драгун<sup>1,2</sup>, Ю.А. Родикова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,

г. Новосибирск, [olbatenewa@yandex.ru](mailto:olbatenewa@yandex.ru)

Научный руководитель: Громов Н.В., к.х.н., доцент

*В работе продемонстрирован метод получения смешанных гетерополисоединений со структурой Кеггина путем введения в каркас Мо- и W-содержащих гетерополианионов каталитически активных атомов ванадия(V). Показана возможность использования синтезированных соединений в качестве катализаторов окисления в реакции трансформации 5-гидроксиметилфурфурола.*

*This work demonstrates a method for preparing mixed heteropoly compounds with the Keggin structure by introducing catalytically active vanadium(V) atoms into the framework of Mo- and W-containing heteropolyanions. The possibility of using the synthesized compounds as oxidation catalysts in the transformation of 5-hydroxymethylfurfural was also shown.*

Биомасса – один из перспективных возобновляемых источников энергии и сырья, способных в ближайшем будущем стать альтернативой ископаемым ресурсам. При этом востребованным подходом к ее переработке является направление, основанное на кислотно- или металл-

катализируемой дегидратации сахаридов в фурановые производные, такие как, например, 5-гидроксииметилфурфурол (5-ГМФ) [1]. Последующая трансформация 5-ГМФ путем каталитического окисления приводит к получению немаловажных органических производных, среди которых особый интерес представляет 2,5-диформилфуран (ДФФ) (схема 1).

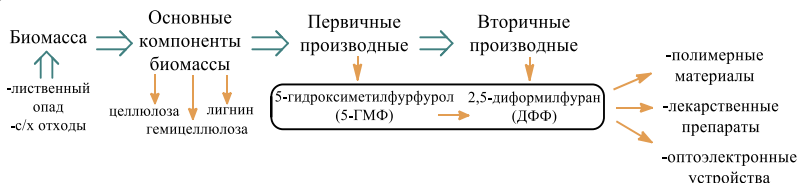


Рис.1 – Этапы трансформации биомассы

ДФФ применяется для создания оптоэлектронных устройств и полимерных материалов, используется в синтезе фармацевтических препаратов, на его основе получают растворители [2,3]. Именно поэтому разработка доступных «зеленых» технологий селективной переработки компонентов биомассы в ценные химические соединения, такие как ДФФ, представляет значительный практический интерес.

Стоит отметить, что реализация подобного направления может быть выполнена с использованием перспективных представителей полиоксометаллатов – смешанных гетерополисоединений структуры Кеггина (V-ГПС) брутто-состава  $K_aX_M_{12-x}V_xO_{40}$  (K – катион, X – гетероатом, M – структурообразующий атом), обладающих окислительной способностью (рис. 2). Известно о применении V-ГПС в очистке попутных нефтяных газов [4,5], аналитической химии [6], получении предшественников лекарственных средств [7,8].

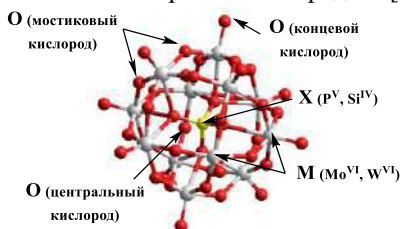
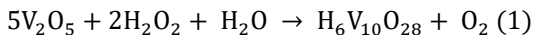


Рис.2 – Модель связей  $\alpha$ -изомера гетерополианиона структуры Кеггина состава  $[XM_{12}O_{40}]^{3-}$

В связи с этим целью представленного исследования стал синтез перспективных V-содержащих гетерогенных катализаторов состава  $Cs_{8.5-a}H_{0.5}XM_{11}VO_{40}$  (X –  $P^V, Si^{IV}$ ; M –  $Mo^{VI}, W^{VI}$ ), пригодных для их дальнейшего исследования в реакции окисления 5-ГМФ в ДФФ.

Для реализации поставленной цели были выбраны V-ГПС трех составов, отличающиеся атомами X и M:  $Cs_{3.5}H_{0.5}PMo_{11}VO_{40}$ ,  $Cs_{3.5}H_{0.5}PW_{11}VO_{40}$  и  $Cs_{4.5}H_{0.5}SiW_{11}VO_{40}$ . **Синтез V-ГПС** проводили в несколько этапов. На первом этапе (уравнение (1)) выполняли активацию ванадия(V) в виде доступного  $V_2O_5$  с использованием раствора  $H_2O_2$ :



На втором этапе осуществляли внедрение каталитически активных атомов ванадия(V) в каркас Mo- и W-содержащих гетерополисоединений с образованием смешанных гетерополианионов:

а) раствор  $H_4PMo_{11}VO_{40}$  синтезировали растворением  $MoO_3$  в  $H_2O/H_3PO_4$  при температуре  $80^\circ C$  с последующим введением в состав полученной смеси свежеприготовленного раствора  $H_6V_{10}O_{28}$ ;

б) растворы составов  $H_4PW_{11}VO_{40}$  и  $H_5SiW_{11}VO_{40}$  готовили щелочным гидролизом незамещенных предшественников ( $H_3PW_{12}O_{40}$  (до pH 4.8) и  $H_4SiW_{12}O_{40}$  (до pH 5.5)), вслед за которым проводили допирование образующихся одновалентных анионов каталитически активными атомами ванадия(V) в виде  $H_6V_{10}O_{28}$ . После объединения всех компонентов итоговые растворы подкисляли до pH = 2 и нагревали до  $60^\circ C$ .

На заключительном этапе проводили частичное замещение  $H^+$  ионов катионами  $Cs^+$  путем добавления 0.1–0.2 М водного раствора  $Cs_2CO_3$ . Применение  $V_2O_5$  в качестве предшественника ванадия (вместо традиционного для литературных методов  $NaVO_3$ ) обеспечило снижение содержания посторонних ионов в растворах незамещенных гетерополикислот и солей на их основе, что позволило сделать синтез целевых V-ГПС более экологичным.

На следующем этапе была выполнена **характеризация** состава, структуры и текстуры полученных солей набором физико-химических методов (рис. 3).

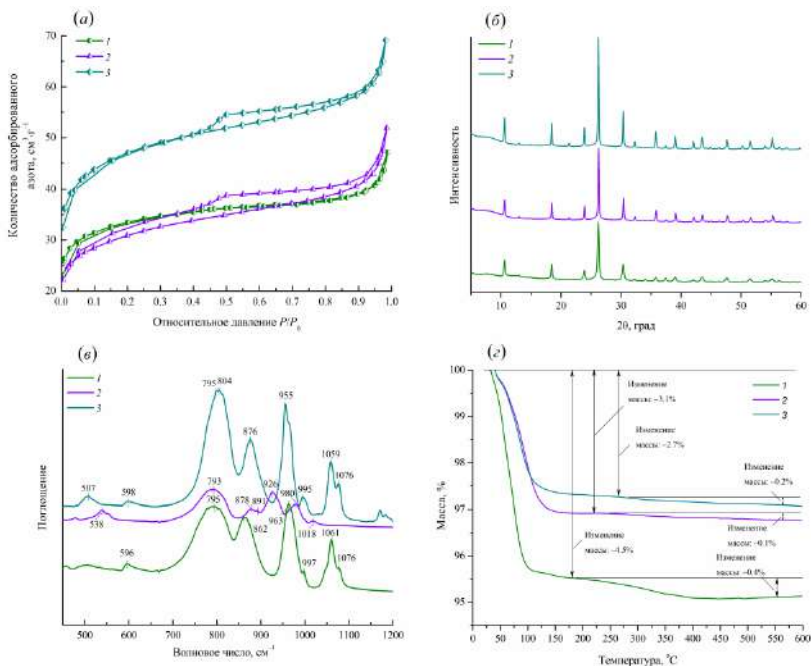


Рис.3 – (а) Изотермы адсорбции-десорбции азота, (б) экспериментальные рентгенограммы, (в) инфракрасные спектры в области «отпечатков пальцев» аниона Кеггина и (г) термогравиметрические кривые синтезированных образцов: 1 –

$\text{Cs}_{3.5}\text{H}_{0.5}\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$ , 2 –  $\text{Cs}_{4.5}\text{H}_{0.5}\text{SiW}_{11}\text{VO}_{40}$ , 3 –  $\text{Cs}_{3.5}\text{H}_{0.5}\text{PW}_{11}\text{VO}_{40}$

Исследование образцов методом азотной порометрии (ASAP-2400, Micromeritics (США)) показало, что все синтезированные V-ГПС представляют собой мезопористые соединения, площадь поверхности ( $\text{м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ ) которых изменяется в ряду:  $\text{Cs}_{3.5}\text{H}_{0.5}\text{PW}_{11}\text{VO}_{40}$  (174) >  $\text{Cs}_{3.5}\text{H}_{0.5}\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$  (125) >  $\text{Cs}_{4.5}\text{H}_{0.5}\text{SiW}_{11}\text{VO}_{40}$  (113).

Методами рентгенофазового анализа (TD-3700, Tongda (КНР)) и инфракрасной спектроскопии (Cary 660 FTIR, Agilent Technologies (США)) подтверждено образование анионов со структурой Кеггина и внедрение в них атомов ванадия(V) при синтезе V-ГПС с использованием  $\text{V}_2\text{O}_5$  в качестве предшественника. Доказано, что полученные соли представляют собой однофазные соединения, а индивидуальные оксидные формы структурообразующих элементов отсутствуют.

На основе термогравиметрического анализа (STA 449 С Jupiter, NETZSCH (Германия)) установлено, что частичное замещение  $\text{H}^+$ -ионов катионами  $\text{Cs}^+$  с образованием солей приводит к росту термической



стабильности V-ГПС, которая увеличивается при замене структурообразующих атомов с  $\text{Mo}^{\text{VI}}$  на  $\text{W}^{\text{VI}}$ , а также центрального атома X с  $\text{Si}^{\text{IV}}$  на  $\text{P}^{\text{V}}$ .

**Каталитические испытания** синтезированных солей V-ГПС в реакции окисления 5-ГМФ проводили в реакторе с рубашкой, оснащённом термостатом и магнитной мешалкой, при перемешивании со скоростью 600–800 об·мин<sup>-1</sup> и температуре 80°C в водной среде. В результате исследований были получены умеренные значения конверсии 5-ГМФ и селективности образования ДФФ в диапазоне 60–70 и 65–80% соответственно, свидетельствующие о перспективности дальнейших исследований по оптимизации реакционных условий.

**Заключение.** С использованием метода допирования лакунарных анионов синтезированы три V-содержащих гетерополисоединения, отличающиеся составом металллатного каркаса, установлены их структурные и текстурные характеристики, определен фазовый состав. Выполнено первоначальное исследование полученных V-ГПС в реакции трансформации 5-ГМФ, доказана перспективность дальнейшей оптимизации реакционных условий.

**Благодарность** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 22-73-00047 (<https://rscf.ru/en/project/22-73-00047/>).

Литература:

1. *Osman A. I, Mehta N., Elgarahy A.M., Muhtaseb -Al A. H., Rooney D.R.* Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review / *Environ. Chem. Lett.* – 2021. N 19, 4075.
2. *Delidovich I., Hausoul P.J.C., Deng L., Pfitzenreuter R., Rose M., Palkovits R.* *Chem. Rev.* – 2016. N 116, 1540.
3. *Ma J., Wang M., Du Z., Chen C., Gao J., Xu. J.* *Polym.Chem.* – 2012. N 3, 2346.
4. Пимерзин А.А. Катализаторы гидроочистки нефтяных фракций на основе гетерополисоединений Мо и W / А.А Пимерзин, Н.Н.Томина, П.А.Никульшин, Н.М.Максимов, А.В.Можаев, Д.И.Ишутенко, Е.Е.Вишневецкая // Катализ в промышленности. - 2014. -N 5.- С.49-55.
5. Ерофеев В.И. Конверсия прямогонных бензинов в высокооктановые бензины на цеолитах типа ZSM-5, модифицированные гетерополисоединениями Мо / В.И.Ерофеев, И.С.Хомяков // Успехи современного естествознания. - 2015. - N 1. - С.1364-1368.
6. Остроушко А.А. Электротранспортные, сорбционные и фотохимические свойства нанокластерных полиоксомолибдатов с тороидальной структурой / А.А. Остроушко, Ю.В.Коротаев,

М.О.Тонкушина, К.В.Гржегоржевский, В.А.Важенин, И.Б.Кутяшев, Н.А.Мартынова, С.Ю.Меньшиков, Н.В.Селезнева // Ж. физ. хим. - 2012. - Т.86. - N 8. - С.1383.

7. Rhule, J.T. Polyoxometalates in Medicine/ J.T.Rhule, L.Craig, C.L.Hill, A.Deborah, D.A.Judd // Chem. Rev. - 1998. - V.98. - P.327-357.

8. Трубицына, Т.А. Титан-и цирконий-замещенные полиоксометаллаты как молекулярные модели для исследования механизмов реакций селективного окисления пероксидом водорода: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.15 / Трубицына Татьяна Андреевна. - Новосибирск, 2008. - 17 с.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**А.А. Дьячков, В.В. Кондратьев**

**Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,**

**г. Иркутск, sasha.dyachkov.90@mail.ru**

**Научный руководитель: Кондратьев В.В., к.т.н., с.н.с. лаб.26.2**

*Рассмотрены новые технологии по производству фтористых солей из отходов алюминиевого производства. Приводится комплексное исследование по обработке криолита кислотным реагентом на аппаратно-технологической схеме производства фтористых солей. Применение в качестве реагента сернокислого алюминия. Рассматривается целесообразность производства регенерационного криолита. Выполнен анализ внедрения технологических решений в условиях газоочистки.*

*Considered new technologies for the production of fluoride from waste aluminum production. Given a comprehensive study on the treatment of cryolite with an acid reagent on the hardware and technological scheme for the production of fluoride salts. Application of aluminum sulfate as a reagent. Considered the expediency of the production of regenerative cryolite. The analysis of the implementation of technology solutions in the conditions of gas purification.*

Сырье для производства алюминия содержит фтористые и сернистые соединения. Фтор поступает, в основном, с фтористым алюминием, криолитом, фтористым кальцием; сера – с сырьем для производства анодной массы – коксом и пеком. Часть фтористых соединений регенерируется в виде флотационного и регенерационного криолита и возвращается в производство [1].

На крупных алюминиевых заводах, регенерация фтора в среднем составляет 24 кг на тонну алюминия в зависимости от количества

снимаемой угольной пены. Увеличить регенерацию фтора позволит работа электролизеров с криолитовым отношением 2,4÷2,6. В этих условиях потребность производства алюминия во фтористых солях, в том числе в пуско-наладочные периоды, на 50-55% обеспечивается за счет вторичного криолита (флотационного и регенерационного).

При таком уровне регенерации фтора в виде щелочного криолита, а тем более при вовлечении в процесс регенерации твердых отходов, наблюдается превышение производства над возможностями собственного потребления. Это вызвано высоким содержанием натрия в регенерационном криолите (28-32%) и необходимостью поддержания криолитового отношения в электролите [2].

Доля регенерационного криолита в балансе натрия превысит 50% в том случае, если флотационный криолит будет являться возвратом электролита из пены после отделения углерода в составе.

Очевидно, что дальнейшее увеличение возврата фтора в производство должно происходить при снижении поступления натрия в процесс электролиза.

При «сухой» газоочистке эта проблема решается за счет прекращения производства регенерационного криолита, т.к. возврат в производство соединений натрия с уловленными погонями электролита и пылью при данном способе очистки газов на 15% меньше, чем возврат натрия с регенерационным криолитом [3].

Опытно-промышленные испытания проводились в отделении производства фтористых солей Иркутского алюминиевого завода с использованием аппаратурно-технологической схемы, приведенной на рис. 1.

Одним из направлений сокращения поступления натрия в процесс электролиза является получение регенерационного криолита из растворов газоочистки с более низким криолитовым отношением. В таком случае содержание натрия уменьшается с 30-32% до 22-25%, что равняется 2кг натрия на тонну алюминия. Поэтому потребление регенерационного криолита увеличится на 4-6кг на тонну алюминия, а расхода фтористого алюминия снизится на 3-5кг. Сопоставив цены регенерационного низкомолекулярного криолита и фтористого алюминия, такое потребление позволит экономить около 70 рублей на тонну алюминия.

Выполнен комплекс исследований по обработке высокомолекулярного криолита кислотными реагентами с целью снижения криолитового отношения. Использование в качестве кислой соли сернокислого алюминия, не требует определенной химической защиты оборудования, что упрощает технологический процесс.

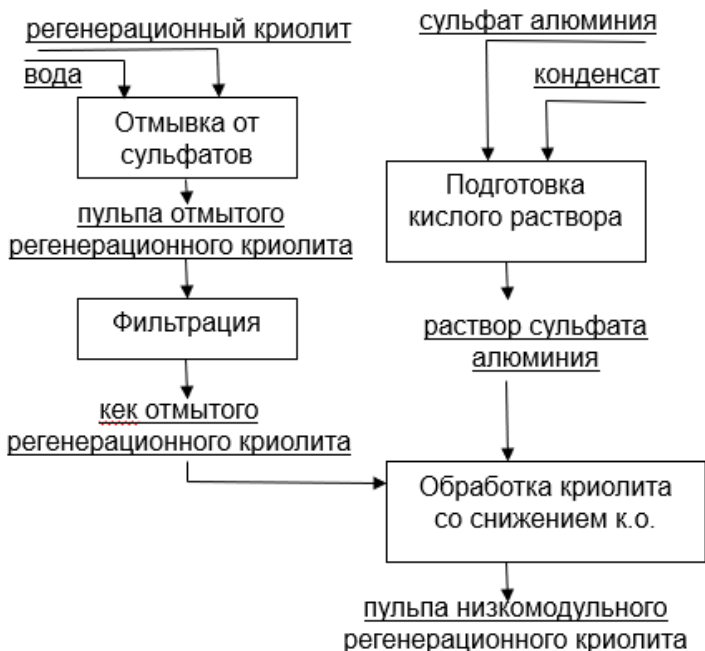


Рис. 1 – Аппаратурно-технологическая схема опытно-промышленных испытаний

Общая продолжительность процесса обработки составила порядка 2-х часов. В табл. 1 приведены данные по химическому составу исходного и конечного продуктов испытаний.

**Таблица 1. Химический анализ исходного и конечного продуктов испытаний**

№ п.п.	Наименование продукта	Содержание, %							
		F	Na	Al	SO <sub>4</sub>	C	Ca	Fe	п.п.п
1.	Исходный регенерационный криолит	45,5	30,3	12,3	6,2	0,7	0,6	0,1	1
2.	Регенерационный отмытый от сульфатов	46,6	30,6	12,01	5,32	0,7	0,6	0,2	1,3
3.	Низкомодульный	46,2	21,4	17,3	4,6	0,60	0,7	0,3	4,7
4.	Низкомодульный отмытый от сульфатов	47,7	22,6	17,3	1,4	0,6	0,7	0,2	3,4

По данным рентгенодифрактометрического анализа выяснили что криолитовое отношение исходного регенерационного криолита снизилось с 3,0 до 1,78. А дисперсный анализ исходного и готового продуктов выявил падение средней крупности кристаллов с 47,9 до 32,3 мкм.

При использовании регенерационного криолита в систему возвращается 3,1% вводимого сернокислого алюминия в процессе обработки высокомодульного криолита, который предполагает упрощение технологической схемы и повышение влияния переработки.

С учетом результатов опытно-промышленных испытаний целесообразность производства низкомодульного регенерационного криолита является очевидной в условиях использования «мокрой» содо-бикарбонатной газоочистки.

В условиях современной «сухой» газоочистки регенерационный криолит из растворов газоочистки не производится, потребность в криолите для процесса электролитического получения алюминия также отсутствует. Криолит остается востребованным в пуско-наладочный период после ремонта электролизеров или при вводе новых мощностей. Для этих целей криолит может производиться из твердых фторсодержащих отходов (накопленные шламы, продукты капитального ремонта электролизеров) с использованием технологии получения низкомодульного криолита.

#### Литература:

1. Кондратьев В.В. Перспективы переработки твердых фторуглеродсодержащих отходов электролиза алюминия // Вестник Иркутского государственного технического университета, № 1, 2007г., т. 2.

2. Соболев С.А., Ржечицкий Э.П., Козлова Л.С., Кондратьев В.В., Григорьев В.Г. Утилизация фторсодержащих отходов алюминиевых заводов путем внедрения технологии получения низкомодульного регенерационного криолита // Экология и промышленность России, № 5, 2009.

3. Ржечицкий Э.П., Кондратьев В.В. Экологическая и экономическая эффективность переработки растворов газоочистки и фторуглеродсодержащих отходов производства алюминия // Экология и промышленность России, №8, 2011г., с. 28-31.

# **СИНТЕЗ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ МИКРОЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ZIF-8 ДЛЯ УДАЛЕНИЯ КРАСИТЕЛЯ КИСЛОТНЫЙ СИНИЙ 13 ИЗ НЕЙТРАЛЬНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ**

**Е.Ю. Зубкова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, e-mail zubkova0808e@gmail.com  
Научный руководитель: Тимофеева М.Н., д.х.н., доцент**

*В работе представлены данные по синтезу композита на основе целлюлозы и цеолитоподобного имидазолатного каркаса ZIF-8 и исследованию возможности его применения как адсорбента для удаления красителя кислотный синий 13 из водных растворов. Показано преимущество композита по сравнению с целлюлозой. Анализ экспериментальных данных с помощью моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина показал, что адсорбция протекает по механизму физической сорбции.*

*This study is devoted to the synthesis of a composite based on cellulose and the zeolite-like imidazolate framework ZIF-8 and the investigation of the possibility of its application as an adsorbent for the removal of acid blue 13 dye from aqueous solutions. Composite ZIF-8/cellulose was found to be more efficient in comparison with cellulose. The Langmuir, Freundlich and Temkin models pointed that adsorption proceeds through the physical sorption mechanism*

В настоящее время одним из загрязнителей окружающей среды является текстильная промышленность. Вследствие того что, около 15 % используемых ею красителей попадает в сточные воды, образуя высокотоксичные продукты. Одним из наиболее эффективных методов удаления красителей из сточных вод является адсорбционные методы, поскольку они позволяют удалять до 100 % загрязняющего вещества. В качестве адсорбентов предложено использовать активные угли, алюмосиликаты (цеолиты, силикагели, глины и др.), модифицированные полимерные материалы и др.

Композиты, образованные на основе целлюлозы и цеолитоподобных имидазолатных каркасов могут адсорбировать в 1,5-3 раза больше своего веса. Такая высокая адсорбционная емкость, вероятно, связана как с его гидрофобностью, так и уникальными текстурными свойствами.

Цель данной работы – изучение сорбционных возможностей нейтральных водных сред, композитов на основе целлюлозы и цеолитоподобного имидазолатного каркаса по отношению к красителю кислотный синий 13, а также исследование механизма адсорбции для дальнейшего их использования в качестве сорбентов в процессах водоочистки. для очистки водных растворов от красителей.

В работе была использована микрокристаллическая целлюлоза Cellulosepulver MN 300 (SERVA, Germany) (cell). Композит ZIF-8/cell был получен двухстадийным синтезом. На первой стадии cell обрабатывалась нитратом цинка, затем полученный Zn/cell образец модифицировали 2-метилимидазолом с образованием композита ZIF-8/cell. Количество ZIF-8 в композите было 5 мас.%. Образование ZIF-8 в структуре указывали данные ИК спектроскопии. В ИК спектре композита наблюдалось снижение интенсивности полосы  $446\text{ см}^{-1}$ , относящейся к колебаниям пиранозного цикла, и появление полосы  $418\text{ см}^{-1}$ , относящейся к валентным колебаниям связи Zn-N. Также в спектре можно выделить полосу  $1575\text{ см}^{-1}$ , относящиеся к колебаниям деформационным аксиальным колебаниям C=N фрагментов имидазольного кольца. Смещение полосы относительно положения в спектре кристаллического ZIF-8 ( $1585\text{ см}^{-1}$ ) может указывать как на взаимодействие катионов цинка с -ОН группами целлюлозы, так и на взаимодействие 2-метилимидазола с атомами кислорода глюкопиранозного кольца и гликозидных связей целлюлозы

Адсорбционные свойства cell и композита ZIF-8 были изучены в адсорбции красителя кислотный синий 13 (КС-13) при комнатной температуре (рис.1).

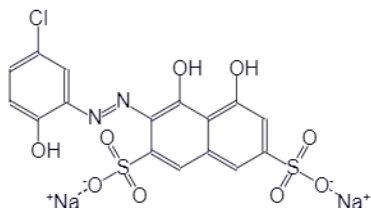


Рис.4 – Структурная формула хромового темно синего (КС-13)

Согласно полученным данным (рис. 2) адсорбционная емкость целлюлозы после ее модифицирования возрастает с 75 до 125 мг/г, при этом степень удаления, после модифицирования также увеличивается. Как видно из рис.1А изотерма адсорбции относится к классу L (изотермы Ленгмюра), то есть величина адсорбции ( $q$ ) возрастает с увеличением равновесной концентрации ( $C_p$ ) и постепенно приближается к максимальной сорбционной ёмкости ( $q_{\text{макс}}$ ).

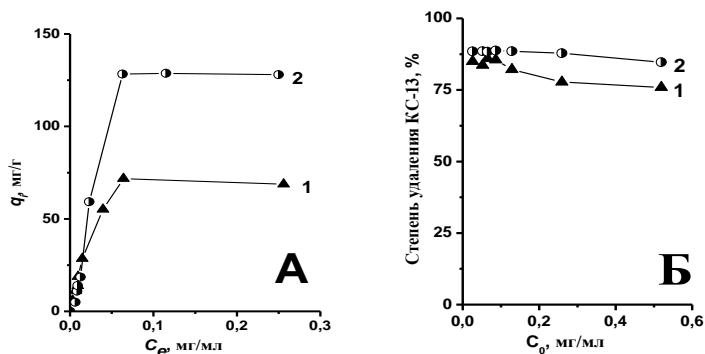


Рис. 2 – (А) Изотермы адсорбции КС-13 на целлюлозу (1) и ZIF-8/cell (2). (Б) Корреляция между начальной концентрацией КС-13 и процентом его удаления.

Для описания распределения молекул красителя КС-13 между адсорбентом и жидкостью экспериментальные изотермы адсорбции были проанализированы с помощью моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина. Согласно результатам модели Фрейндлиха, можно предположить, что поверхность cell после встраивания в ее структуру ZIF-8 становится более неоднородной. Линейный характер изотерм Темкина, указывает на физическую сорбции красителя благодаря Ван-дер-Ваальсовым силам, как на cell, так и на ее композите. Линейные корреляции изотерм Ленгмюра, что может указывать на монослойное покрытие поверхности адсорбента (рис. 3).

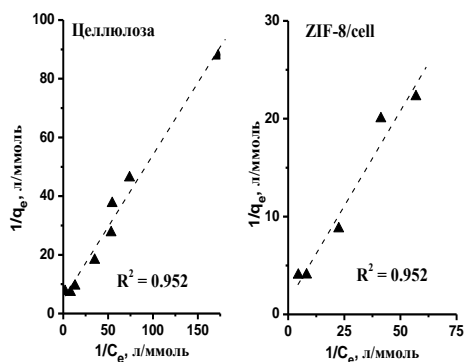


Рис. 3 – Изотермы адсорбции КС-13 на целлюлозу и ZIF-8/cell, построенные в рамках модели Лэнгмюра.



Можно предположить, что увеличение величины адсорбции примерно в 1,8 раза на cell после встраивания в ее структуру ZIF-8 связано с появлением основных центров, которые являются центрами адсорбции красителя КС-13 за счет взаимодействия фенольных ОН групп (рис.1). Кроме того, адсорбция красителя возможна также за счет взаимодействия между ароматическими кольцами красителя КС-13 и имидазольевым кольцом линкером (2-метилимидазолом) ZIF-8. Таким образом, полученные в работе результаты указывают на большие перспективы применения композитов данного типа в качестве адсорбентов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность НГТУ за финансовую поддержку Зубковой Е.Ю. (грант №004-НСТ-23).

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СОРБЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПОЧВУ**

**А.А. Казарезов, В.В. Ларичкин**  
**Новосибирский государственный технический университет,**  
**г. Новосибирск**

*Каждый год в Российской Федерации происходят аварийные разливы нефти и нефтепродуктов на объектах добычи, транспортировки и переработки, которые наносят огромный вред окружающей среде. Для устранения таких разливов существуют различные методы сбора нефтепродуктов с водной поверхности и почвы. В работе проведён анализ российских и зарубежных литературных источников по методам ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов в основном на почву. При выборе метода ликвидации рекомендуется опираться на физико-химический метод, который применяется в случаях, когда механический сбор невозможен. Однако не существует универсального метода сбора разливов и сорбционных материалов, которые могли бы полностью предотвратить последствия утечки нефтепродуктов. Предложены направления исследований по улучшению свойств известных сорбционных материалов и разработке новых.*

*Every year in the Russian Federation there are accidental spills of oil and oil products at production, transportation and refining facilities, which cause great harm to the environment. To eliminate such spills there are various methods of oil products collection from water surface and soil. The paper analyses Russian and foreign literature sources on methods of oil product spill clean-up mainly on soil. When selecting a method of liquidation, it is recommended to rely on the physical-chemical*

*method, which is used in cases when mechanical collection is impossible. However, there is no universal method of spill collection and sorption materials that could completely prevent the consequences of oil product spillage. Research directions for improving the properties of known sorption materials and developing new ones are proposed.*

## **Введение**

Нефтегазовая промышленность является ведущей отраслью во всем мире и состоит из добычи, переработки, транспортировки (ДПТ) и складирования нефтепродуктов. К лидерам мирового рынка нефтегазовой промышленности можно отнести такие страны как: США, Россия, Канада, Ирак, Китай, Иран, ОАЭ, Саудовская Аравия. По состоянию на 2021 год добыча составила более 90 млн. баррелей нефти в сутки, переработка 95 млн. нефти, транспортировка 3321 млн. нефти, складирование нефти в резервуарах составило около 1,545 баррелей.

По данным Министерства энергетики РФ в 2021 году на магистральных трубопроводах в России было зарегистрировано 10088 порывов, что на 32,7% меньше, чем в 2020 году. Из указанных порывов 5880 случаев были зафиксированы на нефтепроводах, 93% случаев произошел из-за коррозии. 3 июля 2023 года также разлив нефти произошел в России, в республике Коми. Из-за проблем на трубопроводе «Нобель-Ойл» на Южно-Ошском нефтяном месторождении часть нефтепродуктов попала в реку Колва.

В настоящее время основной технологией для сбора нефти и нефтепродуктов при аварийных разливах на твердые поверхности является применение сорбционных технологий. Однако они становятся малоэффективными при ликвидации масштабных загрязнений [1]. Практически удобным методом является использование сорбционных матов. Сорбирующие маты можно отжимать для сбора нефтепродуктов с целью возвращения в промышленный цикл и для удобства утилизации расходных материалов [3]. В настоящее время актуальной задачей является выявление наиболее доступной, экологически и экономически эффективной технологии за счет использования отходов производства и других неорганических сорбирующих материалов.

### **1. Современные виды сорбентов.**

Из такого минерала как вермикулит изготавливают сорбент Версойл, который представляет собой серебристо-черный сыпучий материал. Изготавливают его путем модификации природного вермикулита, созданием углеродсодержащего слоя на поверхности минеральной матрицы. Имеется три фракции Версойла, которые отличаются размером зерна: крупная от 8 мм, средняя, и мелкая до 2 мм. Из-за простоты изготовления, предприятия, занимающиеся его выпуском, могут быть

расположены вблизи потребителей. При его использовании отсутствует угроза вторичного загрязнения вод, ввиду возможности полного сбора сорбента с нефтью, степень очистки до 99%. В ходе регенерации потеря сорбента не велика, всего 3%. Ученые научного центра Кольского отделения РАН изобрели установку по очистке сточных вод с использованием данного сорбента. Эта разработка удостоилась золотой медали Всероссийского научно-промышленного форума «Россия едина 2003» [4].

Сорбционные материалы на основе глины являются доступными в получении и дешевыми по сравнению с диатомитовыми нефтесорбентами. Кроме того, глиняный нефтесорбент может быть эффективным в очистке различных типов нефти и нефтепродуктов, включая тяжелые нефти и битум. Недорогая природная неорганическая глина является перспективным материалом по сравнению с материалами из органической биомассы, однако, нефтесорбенты на основе глины имеют недостатки. Например, они малоэффективны, а при очистке масел и жиров, которые образуются в результате промышленной деятельности, глиняный нефтесорбент может иметь более высокую плотность, что может затруднить его использование на больших площадях. Выбор между диатомитовым и глиняным нефтесорбентом зависит от конкретных условий и требований очистки от нефти, оба материала имеют свои преимущества и недостатки, и выбор должен быть основан на анализе конкретных факторов. Глинистый гидрофильный сепиолит модифицированный тетраэтилортосиликатом показал, что модификатор был успешно привит сепиолитом, он также значительно улучшил гидрофобные свойства за счет увеличения краевого угла значение, которого равно  $136^\circ$  [4].

Российская Компания «Терракот» выпускает порошок белой каолиновой глины, имеющей высокую адсорбционную способность для предотвращения попадания нефти и нефтепродуктов в водные системы, регенерации территорий добычи и аварийных участков. Чаще всего глину используют как модификацию для обработки других сорбентов, используя пенополиуретан модифицированный с частицами наноглины для улучшения удаления масляных примесей из воды. Диатомит – горная порода, представляющая собой пористый материал, обладающий высокой способностью поглощать жидкости. Данный материал позволяет эффективно очищать загрязненные твёрдые поверхности. Сорбент может применяться для очистки сточных вод, фильтрации водоснабжения и очистки нефтеразливов преимущественно с поверхности воды сохраняя свою структуру при многократном использовании. На основе диатомита были разработаны магнитные

шарики с внутренними полостями, которые придавали им плавучесть на срок более 30 дней. Наличие пор улучшает адсорбционную способность, за счет диффузии сорбированных масел с поверхности сорбента в полости. Изготовленные шарики проверили на возможность к регенерации и пришли к выводу, что сорбент остается эффективным в течении 20 циклов регенерации. Похожие диатомитовые магнитные шарики на основе альгината модифицированные включением фталевого или малеинового ангидрида были исследованы в работе [5]. Согласно сканирующей электронной микроскопии поры модифицированного сорбента улучшали адсорбцию по отношению к различным водомасляным пленкам, вероятно, это связано с распределением наночастиц оксидов железа «магнетита» на поверхности сорбента.

Исследования, проведенные учеными из Польши [6], также подтверждают возможность использования сырья на основе диатомита для поглощения углеводородов, что позволяет им конкурировать с аналогичными материалами на рынке. В исследованиях использовали сырой и прокаленный диатомит, обработанный в диапазоне 1000-1200 °С. Результаты показывают, что для сорбентов перспективно использовать термообработку при более низких температурах, так как при более высокой температуре повышается содержание вяжущего муллита и тридимита, которые больше подходят для получения теплоизоляционных материалов. Результаты исследований имеют экономическое значение, поскольку производство сорбентов наилучшего качества из местного сырья снижает транспортные расходы и, следовательно, воздействие на окружающую среду. Кроме того, производство высокоэффективных сорбентов снижает расход сырья, а также отходы сорбентов, пропитанных нефтепродуктами.

За последние 5 лет возник интерес к магнитным сорбентам на основе наночастиц оксидов железа, которые используются для выделения широкого спектра органических соединений. В работе [7] исследовались различные способы получения магнитных сорбентов на основе наночастиц оксидов железа, так называемые магнетиты. Модифицированные сорбенты интересны в качестве выделения из пластовых вод нефтепродуктов и последующего повышения нефтеотдачи пластов. Синтез горением выбран авторами не случайно, он прост и достаточно экономичен. При синтезе важно не допускать температуры выше 400 °С, так как при превышении данного значения оксид железа переходит в гематит или маггемит с потерей необходимых свойств. Оптимальным диапазоном для синтеза горения оксидов железа с получением магнетита можно считать температуру 150-200 °С.

Ученые из Канады [8] разработали новую технологию синтеза наночастиц титаномагнетита методом соосаждения, это можно представить в виде последовательных действий: 1) синтез при различных условиях реакции; 2) анализ лучшей последовательности синтеза (критерием выступает площадь поверхности полученных наночастиц); 3) оптимизация синтеза; 4) тестирование равновесного удаления красителей; 5) магнитная сепарация с последующей переработкой отработанных материалов (десорбция). Наночастицы магнетита также могут придавать углеродным материалам магнитные свойства, это свойство полезно для восстановления материалов после сорбции. В российском производстве известны сорбенты содержащие алюмосиликаты железа и магния, в таких сорбентах оксида железа не менее 5%. К ним можно отнести сорбенты АС и НЕС предназначенные для удаления широкого спектра загрязнений.

Ещё одним материалом, подходящим в качестве сорбции нефтепродуктов, является цеолит, который состоит из микроскопических кристаллических частиц, которые обладают высокой поверхностной активностью и способностью к адсорбции молекул нефти. Цеолиты представляют собой большую группу природных и синтетических гидратированных алюмосиликатных минералов, обычно используемых в качестве промышленных адсорбентов и катализаторов. С помощью преобразования сухой угольной золы, получается ценный материал – синтетический цеолит, который можно использовать в качестве нефтесорбентов, для регенерации почв, очистки воды от аммония/тяжёлых металлов. Установлена высокая сорбционная активность этого сорбента по отношению к катионам аммония, бария и стронция. Для получения цеолит-углеродных композитов использовали высокоуглеродистую летучую золу простым одностадийным синтезом с помощью гидротермальной конверсии [9]. Высокая адсорбция полученных сорбентов может быть обусловлена: наибольшим содержанием углерода; средним объёмом и размером пор; высоким объёмом и размером пор, мелкими зёрнами. Интересными для изучения сорбционными материалами являются сорбенты на основе алюмосодержащих отходов. Исследований по сорбции нефтепродуктов почти не проводилось, однако, данный материал прекрасно решает проблему утилизации отходов, полученных на глинозёмных и алюминиевых предприятиях в виде гидроалюмокарбонатных осадков. В свою очередь в процессе эксплуатации предприятий появляются вторичные отходы в виде шламов и катализаторов, которые необходимо перерабатывать.

Модификация уже готовых сорбентов из полученных алюмоотходов также существенно снижает загрязнение окружающей среды, что подтверждается уменьшением величин экологического критерия [10]. Игольчатые цеолиты, синтезированные гидротермальным способом с использованием метакаолина-сырца показали, что после гидротермальной обработки морфология значительно изменилась от листовидно-слоистых структур до агрегации игольчатых цеолитов, что одновременно привело к значительному увеличению мезопористости и сорбционной емкости.

### **Выводы**

Процессы сорбционной очистки являются самыми эффективными методами для ликвидации нефтяных разливов с различных поверхностей. В настоящее время имеется большой перечень сорбционных материалов неорганической природы, которые можно пробовать использовать в качестве эффективных нефтесорбентов.

С целью улучшения сорбционных свойств по отношению к углеводородам (нефтяные биосорбенты) перспективным направлением может быть модификация различных сорбентов микроорганизмами или грибами.

В качестве увеличения экономической и экологической эффективности применения сорбционных материалов предлагается также использовать отходы производства и потребления.

### **Литература:**

1. Singh H., Bhardwaj N., Arya S.K. & Khatri M. Environmental impacts of oil spills and their remediation by magnetic nanomaterials // *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 2020. - Vol. 14.
2. Solvent extraction for heavy crude oil removal from contaminated soils, *Chemosphere* Volume 88, Issue 2, June 2012, Pages 245-249.
3. Казарезов А. А. Исследование возможности многократного использования абсорбционного мата для ликвидации разливов нефтепродуктов на почву // *Study of the possibility of multiple use of sorption mat to eliminate oil product spills on the soil* / А. А. Казарезов, Н. И. Ларичкина, В. В. Ларичкин. // *Наука. Промышленность. Оборона*: тр. 24 Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 19–21 апр. 2023 г.: в 4 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. – Т. 3. – С. 156–160.
4. Hu Q. et.al. Synthesis and hydrophobic adsorption properties of microporous mesoporous hybrid materials // *Journal of hazardous materials*, 2009. Vol. 164(2-3), P. 1205–1212.

5. Sakti Satya Candra Wibawa et.al. Diatomaceous earth incorporated floating magnetic beads for oil removal on water // Environmental Technology & Innovation. 2022. Vol. 25.
6. Łach Michal et. al. Use of diatomite from Polish fields in sustainable development as a sorbent for petroleum substances // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 389.
7. Elmobarak W.F., Almomani F. Application of magnetic nanoparticles for the removal of oil from oil-in-water emulsion: Regeneration/reuse of spent particles // Journal of Petroleum Science and Engineering, 2021. - Vol. 203.
8. Hethnawi A. et al. Green synthesis of novel titanomagnetite nanoparticles for oil spill cleanup // Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2023. Vol. 664.
9. Bandura Lidia & Panek, Rafał & Madej, Jarosław. Synthesis of zeolite-carbon composites using high-carbon fly ash and their adsorption abilities towards petroleum substances// Fuel, 2021. Vol. 283.
10. Алексиков А.Е., Немошклов А.И., Шевцова И.М. Получение пористых сорбентов из алюмоотходов как способ повышения экологического уровня производства // Вестник ВолГУ. Серия 9: Исследования молодых ученых. - 2008. - №7.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ БИОГАЗА**

**Е.Н. Коваленко<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>**Новосибирский государственный технический университет,**

<sup>2</sup>**Институт катализа СО РАН,**

**г. Новосибирск, [lizavetakovalenko@mail.ru](mailto:lizavetakovalenko@mail.ru)**

**Научный руководитель: Матус Е.В., к.х.н.**

*Методом совместной пропитки по влагоемкости синтезированы и исследованы комплексом физико-химических методов катализаторы  $Ce_{0.2}Ni_{0.8}O_{1.2}/Al_2O_3$  с различным содержанием активного компонента (2.5–10 мас.%). Выявлен оптимальный состав катализатора  $20Ce_{0.2}Ni_{0.8}O_{1.2}/Al_2O_3$ , обеспечивающий высокий выход водорода 96% и устойчивый к зауглероживанию.*

*Using the method of joint incipient wetness impregnation,  $20Ce_{0.2}Ni_{0.8}O_{1.2}/Al_2O_3$  catalysts with different contents of the active component (2.5–10 wt.%) were synthesized and studied using a complex of physicochemical methods. The optimal composition of the catalyst  $20Ce_{0.2}Ni_{0.8}O_{1.2}/Al_2O_3$  was revealed, providing a high hydrogen yield of 96% and resistant to coking.*

Водород является экологически чистым источником энергии. Одним из способов его получения, отвечающих принципам «зеленой химии», является риформинг биогаза. Биогаз получают при анаэробном расщеплении органических веществ без доступа кислорода. В основном он состоит из метана (35–75%), углекислого газа (25–55%) и водяного пара (1–5%) [1]. Для эффективного преобразования биогаза в  $H_2$  актуальна задача разработки высокоактивного, устойчивого к зауглероживанию и термостабильного катализатора. Целью настоящей работы являлась оптимизация состава катализатора для получения водорода из биогаза.

Эффективным подходом к улучшению свойств Ni-катализаторов является использование в качестве прекурсоров сложных оксидов, активация которых в контролируемых условиях приводит к образованию высокодисперсных частиц металлического Ni, устойчивых к спеканию и коксованию. Преимущества таких систем обусловлены несколькими факторами:

1) реализация сильного взаимодействия Ni-носитель  $\rightarrow$  образование наночастиц Ni, устойчивых к спеканию  $\rightarrow$  снижение скорости образования углеродных отложений  $\rightarrow$  повышение срока службы катализатора;

2) развитая граница раздела металл-оксид  $\rightarrow$  высокая концентрация активных форм кислорода  $\rightarrow$  повышение скорости окисления C-промежуточных продуктов  $\rightarrow$  устойчивость к зауглероживанию;

3) стабилизация наночастиц Ni  $\rightarrow$  высокая концентрация активных центров  $\rightarrow$  повышение активности катализатора.

Образцы катализатора  $Se_{0,2}Ni_{0,8}O_{1,2}/Al_2O_3$  синтезировали методом совместной пропитки. Содержание активного компонента варьировали от 2.5 до 10 мас. %, мольное соотношение Ni/Se оставалось постоянным и равным 4. Сферический  $\gamma-Al_2O_3$  предварительно прокаливали при  $850^\circ C$  в течение 6 ч на воздухе. Соли металлов ( $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ,  $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) растворяли в дистиллированной воде, и полученным раствором пропитывали носитель  $\gamma-Al_2O_3$ . После этого образцы высушивали под ИК-лампой 24 ч и прокаливали в муфельной печи при  $500^\circ C$  в течение 4 ч.

Сравнение особенностей генезиса катализаторов, проводимое методом термического анализа, показало, что общим для всех образцов является наличие потери массы в низкотемпературной области ( $T < 200^\circ C$ ), что связано с удалением адсорбированной воды. В области средних температур потеря веса образца обусловлена разложением нитратных солей-предшественников металлов. При этом положение максимумов на кривых ДТГ зависит от содержания  $Se_{0,2}Ni_{0,8}O_{1,2}$ : при уменьшении



содержания с 20 до 5 мас.% наблюдается снижение температуры разложения солей с 286 до 221°C.

**Таблица 1 – Химический состав и данные термического анализа для образцов  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$**

Образец	Химический состав, мас. %		Потеря массы ( $\Delta m_i$ ), мас. %		
	Ni	Ce	$\Delta m_1$	$\Delta m_2$	$\Delta m_3$
10Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	0	13.8	10.5	0.9
5Ce <sub>0.2</sub> Ni <sub>0.8</sub> O <sub>1.2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5	1.5	5.3	7.4	1.0
10Ce <sub>0.2</sub> Ni <sub>0.8</sub> O <sub>1.2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.0	3.0	Н.д.	Н.д.	Н.д.
20Ce <sub>0.2</sub> Ni <sub>0.8</sub> O <sub>1.2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.0	5.9	12.4	16.4	1.0

Для исходных катализаторов значения удельной поверхности ( $S_{\text{БЭТ}}$ ) варьируются в диапазоне 71–99 м<sup>2</sup>/г, объем пор ( $V_{\text{п}}$ ) – 0.29–0.39 см<sup>3</sup>/г, а средний размер пор ( $D_{\text{п}}$ ) – 15.5–18 нм. Добавление  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}$  приводит к уменьшению  $S_{\text{БЭТ}}$  и  $V_{\text{п}}$  носителя из-за блокировки части пор, а более низкие значения  $D_{\text{п}}$  объясняются тем, что внутренняя поверхность системы пор носителя равномерно покрыта дисперсными частицами  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}$ . Восстановление образцов при 800°C практически не влияет на их текстурные характеристики, что указывает на их высокую термическую стабильность.

Фазовый состав катализаторов после прокаливания зависит от содержания  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}$ . При содержании 5–10 мас.% наблюдаются фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CeO<sub>2</sub> с размером кристаллитов 6.5–7.5 нм. При 20 мас.% появляется фаза NiO с размером частиц 10 нм. После восстановления образцов фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CeO<sub>2</sub> сохраняются, а фаза NiO переходит в фазу металлического Ni.

Из данных Рамановской спектроскопии (Рис.1) следует, что по сравнению с недопированным диоксидом церия CeO<sub>2</sub> ( $I_{570}/I_{465}=0.02$ ) значение отношения интенсивностей полос  $I_{570}/I_{465}$  для фазы на основе диоксида церия, содержащейся в составе катализаторов  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , значительно выше (0.81–1.31), что свидетельствует о замещении катионов Ce<sup>4+</sup> на катионы Ni<sup>2+</sup> и образование твердого раствора Ni-Ce-O.

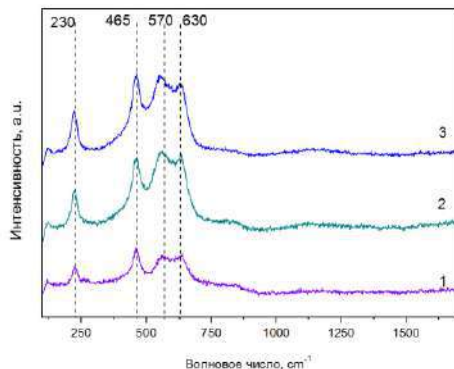


Рис.1 – Спектры комбинационного рассеяния:  $5\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (1),  $10\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (2),  $20\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (3) [3].

Увеличение содержания добавки  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}$  от 5 до 20 мас.% приводит к увеличению конверсии метана ( $X_{\text{CH}_4}$ ) с 31 до 80%,  $X_{\text{CO}_2}$  от 30 до 60% и выхода водорода ( $Y_{\text{H}_2}$ ) от 43 до 96% (при температуре реакции 700°C). Показатели процесса при 850°C достигают значений термодинамического равновесия, равных 99, 89 и 94% для  $X_{\text{CH}_4}$ ,  $X_{\text{CO}_2}$  и  $Y_{\text{H}_2}$ , соответственно. Преимущество каталитической системы  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$  по сравнению с каталитической системой  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  проявляется в низкотемпературной области. В частности, при 700°C  $Y_{\text{H}_2}$  равен 96 и 77% для катализаторов  $20\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  соответственно. Это обусловлено высокой активностью  $\text{CeO}_2$  и  $\text{Ni}/\text{CeO}_2$  в реакции паровой конверсии монооксида углерода.

Поверхность образцов после реакции мало отличается от удельной поверхности образцов после активации. Образцы после реакции сохраняют мезопористую систему пор. Однако распределение пор по размерам становится более широким и полимодальным вместо мономодального. У катализаторов после реакции сохраняется фаза исходного носителя. Однако для образцов без церия или с его низким содержанием (<3.0 мас.%) увеличивается параметр элементарной ячейки. Это свидетельствует об образовании твердого раствора на основе шпинельной структуры  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Средний размер кристаллитов никелевой фазы составляет ~6 нм, за исключением образца  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , средний размер частиц которого составляет ~9 нм. Полученный размер частиц активного компонента благоприятен с точки зрения устойчивости к зауглероживанию.

Для определения количества углеродистых отложений, образовавшихся в ходе реакции, образцы были исследованы методом

термического анализа на воздухе. Содержание углеродистых отложений незначительно отличается в разных образцах и является низким (0.3-0.7 мас.%) по сравнению с литературными данными, согласно которым содержание кокса равно 50 мас.% для катализатора  $12\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$  и 2 мас. % для  $12\text{Ni}-5\text{Ce}-5\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$  [2].

Разработанные катализаторы характеризуются высокой удельной поверхностью и дисперсностью активного компонента, которые сохраняются в ходе каталитической реакции благодаря термической стабильности  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  и реализации сильного взаимодействия между Ni и носителем. Конверсия биогаза и выход водорода возрастают с увеличением содержания добавки  $\text{Ce}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_{1.2}$  (5 → 20 мас.%), что коррелирует с увеличением количества доступных Ni<sup>0</sup> активных центры в условиях реакции и их устойчивостью к спеканию, ре-окислению и зауглероживанию.

Литература:

1. Зайнутдинова А.Ф., Садыкова А.Р., Илгамова Л.Ф., Мухаметова И.В. Анализ перспектив использования биогаза в России - Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №5-2. 181–183.
2. Li P., Park Y.H., Moon D.J., Park N.C., Kim Y.C. Carbon Deposition onto Ni-Based Catalysts for Combined Steam/ $\text{CO}_2$  Reforming of Methane. J. Nanosci. Nanotechnol. 2016. 16. 1562–1566.
3. Matus E., Kerzhentsev M., Ismagilov I., Nikitin A., Sozinov S., Ismagilov Z. Hydrogen Production from Biogas: Development of an Efficient Nickel Catalyst by the Exsolution Approach. Energies. 2023. 16. 2993.

## **НИКЕЛЕВЫЙ КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ КАСКАДНОГО СИНТЕЗА МЕНТОЛА: ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ БЕНТОНИТА**

**Д.А. Корешкова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
г. Новосибирск, 24.koreshkova.diana.02@mail.ru  
Научный руководитель: Симакова И.Л., к.х.н., доцент**

*Исследование направлено на изучение влияния добавки минеральной глины, были проведены исследования никелевого катализатора на чистом бентоните. Количественная оценка состава продуктов реакции была проведена методом газо-жидкостного хроматографического (ГЖХ) анализа, также был*

*задействован метод газовой хроматографии-масс-спектрологии (ГХ-МС) для их идентификации. Показано, что добавление бентонита не приводит к изменению кислотности катализатора, что обеспечивает проведение реакции по целевому маршруту.*

*The study aims to investigate the effect of mineral clay addition, nickel catalyst studies were carried out on pure bentonite. The reaction products were evaluated by gas-liquid chromatographic (GLC) analysis, and gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) was also employed for their identification. It was shown that the addition of bentonite does not lead to a change in the acidity of the catalyst, which ensures that the reaction proceeds according to the target route.*

Каталитический синтез изомеров ментола из цитраля является частью процессов «зеленой химии». Данное превращение актуально сразу по двум направлениям: 1) утилизация пищевых и целлюлозно-бумажных отходов, содержащих цитраль; 2) удовлетворение нужд промышленности в ментоле и изопулеголе. «One-pot» синтез включает в себя три последовательных реакции, происходящие в одном реакторе: гидрирование цитраля в цитронеллаль, циклизация в изопулегол и гидрирование до конечного продукта – ментола. Осуществление данного синтеза зависит от правильно выбранного бифункционального катализатора, содержащего гидрирующий металл и кислотные центры [1-4].

Целью данной работы являлось изучение реакции гидрирования цитраля в ментол на никелевом катализаторе в зависимости от добавления связующего вещества – минеральной глины.

Для приготовления катализаторов на основе никеля была использована смесь цеолита бета-38 и бентонита в соотношении 2,3:1. Ранее проведенные эксперименты показали, что наибольшая селективность по целевому продукту и конверсия изомеров цитраля обеспечиваются при использовании в качестве предшественника металла нитрата никеля. Таким образом, смесь была пропитана раствором соли никеля –  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ , затем прошла этапы сушки ( $109^\circ\text{C}$ , 17 часов), прокаливания ( $450^\circ\text{C}$ , 4 часа) и восстановления в водороде ( $450^\circ\text{C}$ , 6 часов). Гидрирование цитраля (Sigma-Aldrich, 95%, цис/транс цитраль = 1:1) в циклогексане (0,086 М) проводилось в автоклаве при  $70^\circ\text{C}$  и 10 атмосфер  $\text{H}_2$ . Количественный анализ продуктов реакции был выполнен методом газовой хроматографии на приборе "Хромос ГХ-1000" (ПИД, ВР20), а идентификация - методом хроматомасс-спектрологии на Agilent 5973N EI/PCI (VF-5ms). С помощью методов просвечивающей электронной микроскопии, рентгенфазового анализа, низкотемпературной адсорбции азота и инфракрасной спектроскопии с пиридином были изучены физико-химические свойства катализаторов.

Согласно данным ГЖХ анализа и ГХ-МС на катализаторе Ni/бентонит основными продуктами реакции являются: цитронеллаль, цитронеллол, фарнезен, гераниол и нерол (Рисунок 1). Выход изопулегола, а как следствие, и ментола, не был обнаружен. Катализатор на чистом бентоните быстро дезактивировался по сравнению с катализатором на смеси минеральной глины и цеолита. Установлено, что бентонит обладает небольшим количеством кислотных центров (Таблица 1), что, по всей видимости, не достаточно для процесса циклизации цитронеллала в изопулегол, что приводит к смене маршрута гидрирования.

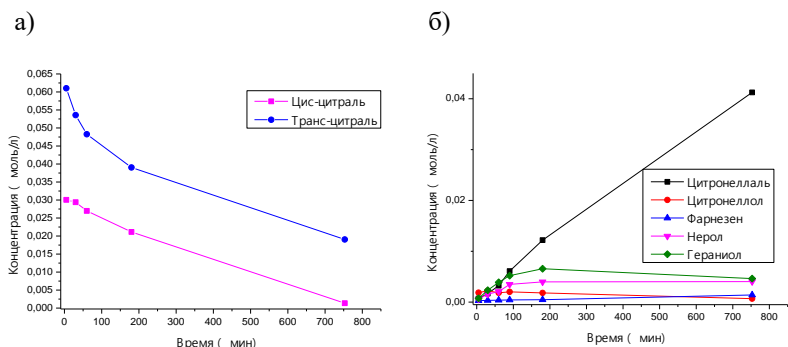


Рис. 5 – Кинетические кривые превращения на Ni/бентонит: а) цис-/транс-цитраль; б) побочных соединений (цитронеллаль, цитронеллол, фарнезен, гераниол и нерол)

**Таблица 1 - Текстурные и кислотные свойства бентонита и цеолита**

Образец	Удельная площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г	V, см <sup>3</sup> /г			Кислотные центры	
		микро пор	мезо пор	пор	Льюиса	Бренстеда
Бен-тонит	172	0,05	0,2	0,25	19	36
Н- Beta-38	375	0,23	0,08	0,3	31	279

Никелевый катализатор, где в качестве носителя была выбрана смесь бентонита и Beta-38, показал высокую степень конверсии *цис-/транс*-цитрала (Рисунок 2), примерно 98% и 94% соответственно, и

наибольшую селективность по ментолу. Важно отметить, что связующее обладает высокой мезопористостью. При его добавлении в количестве до 30 вес. % удалось сформировать как развитую поверхность, так и необходимый объем мезопор, обеспечивающих транспорт молекул реагентов к активным центрам катализатора.

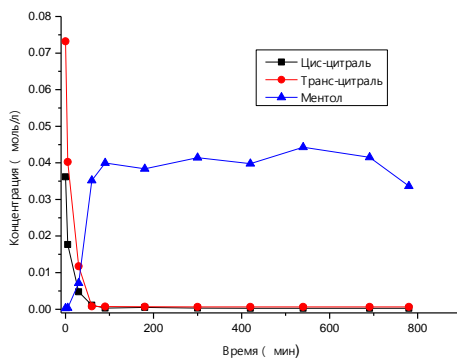


Рис. 1 – Кинетические кривые превращения на Ni/(бентонит+Beta-38).

Условия реакции: 150 мг катализатора,  $P_{H_2} = 10$  атм,  $T = 70^\circ\text{C}$ ,  $C_0$  цитралья = 0,086 М в циклогексане, 15 мл

В результате проведенного исследования установлено, что введение минеральной глины – бентонита, в качестве связующей добавки к цеолиту H-Beta-38, обеспечивает формирование никелевого катализатора с оптимальной мезопористой структурой и кислотностью для проведения селективного каскадного синтеза цитралья в ментол.

#### Литература:

1. *Trasarti, A.F.; Marchi, A.J.; Apesteguía, C.R.* Design of catalyst systems for the one-pot synthesis of menthols from citral // *J. Catal.* – 2007. – Vol. 247, - P. 155–165.
2. *Deliy I.V., Danilova I.G., Simakova I.L., Zaccheria F., Ravasio N., Psaro R.* [Tuning Selectivity through the Support in the Hydrogenation of Citral over Copper Catalysts](#) // *Catalysis of Organic Reactions: 22nd Conference, Chem. Ind. - Boca Raton, Florida, 2009.* - Vol. 123. - P. 87-92.
3. *Simakova I.L., Vajglová Z., Mäki-Arvela P., Eränen K., Hupa L., Peurla M., Mäkilä E.M., Wärnå J., Murzin D.Y.* Citral-to-Menthol Transformations in a Continuous Reactor over Ni/Mesoporous Aluminosilicate Extrudates Containing a Sepiolite Clay Binder // *Organic Process Research & Development.* - 2022. - Vol. 26, N 2. - P. 387-403.

4. Simakova I.L, Vajglová Z, Martínez-Klimov M, Eränen K, Peurla M, Mäki-Arvela P, Murzin D.Yu. One-Pot Synthesis of Menthol from Citral over Ni/H- $\beta$ -38 Extrudates Containing Bentonite Clay Binder in Batch and Continuous Reactors// Organic Process Research and Development: General. - 2023. - V. 27. - P. 295-310.

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ УТИЛИЗАЦИИ МЫШЬЯКОВИСТЫХ КЕКОВ НОВОСИБИРСКОГО ОЛОВОКОМБИНАТА**

**С.В. Косенко**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск**

**Научный руководитель: Александров В.Ю., к.х.н., с.н.с.**

*В современности все экологические проекты начинаются с законодательной базы, а именно с права каждого человека на благоприятную окружающую среду. Порядок в вопросах охраны окружающей среды поддерживается разными сторонами: простыми гражданами, различными организациями и специализированными органами, представляющими государственную власть. В случае нарушения экологического законодательства виновный обязан устранить экологический ущерб. В случаях экологических катастроф, или неблагоприятных экологических тенденций создаются государственные программы. Однако с изменением законодательства возможно изменение требований к охране окружающей среды, в таком случае раннее невиновное, соблюдающее закон лицо, неожиданно должно быть привлечено к огромной ответственности, но намного чаще ответственного найти не удаётся, а экологическая проблема остаётся открытой.*

*Целью работы является освещение проблем экологического законодательства и предложение решения несоответствий в действующем законодательстве, на примере проблем утилизации мышьяксодержащих отходов новосибирского оловокомбината.*

*In modern times, all environmental projects begin with a legislative framework, namely the right of every person to a favorable environment. Order in environmental matters is maintained by different parties: ordinary citizens, various organizations and government authorities. In case of violation of environmental legislation, the perpetrator is obliged to eliminate environmental damage. In cases of environmental disasters or unfavorable environmental trends, government programs are created. However, with changes in legislation, it is possible that the requirements for environmental protection may change, in which case an early innocent, law-abiding person should suddenly be held accountable, but much more often the person responsible cannot be found, and the environmental problem remains open.*

*The purpose of the work is to highlight the problems of environmental legislation and propose solutions to inconsistencies in the current legislation, using the example of the problems of recycling arsenic-containing waste from the Novosibirsk tin plant.*

Промышленное производство олова – это сложный комплекс техпроцессов по добыче, выплавке чёрного олова и очистке олова от примесей различных металлов. По имеющейся информации, в техпроцесс производства олова Новосибирским оловянным комбинатом в период с 1985 по 1991 г. был включён процесс очистки олова от примесей мышьяка путём его возгонки. Далее в результате влажной газоочистки получали мышьяковистый кек, в составе которого имеются арсенат кальция, сульфат и гидроксид кальция, карбонат цинка и вода. Отходы такого состава ранее было разрешено захоранивать без предварительной утилизации. На данный момент отходы с таким составом по токсичности относят ко II классу опасности, и в соответствии с действующим законодательством, они не могут быть захоронены. Однако на данный момент, склад с отвалами кека остаётся бесхозным, что означает невозможность привлечения кого-либо к ответственности, для утилизации отходов и устранения возможного накопленного экологического вреда.

Для данной проблемы существует два способа решения:

- 1) Утилизация отходов путём понижения их класса опасности до IV с последующим захоронением;
- 2) Оформление отходов, как вторичное месторождение, с последующей разработкой и использованием мышьяка в промышленных целях (для легирования металлов, в лакокрасочной промышленности, в электронике полупроводников и тд.).

У каждого способа есть свои плюсы и минусы, о которых стоит изложить подробнее.

Захоронение отходов намного проще и дешевле организовать, однако, это может оказаться лишним звеном цепи, в случае их последующей разработки в качестве производственного ресурса, к тому же, придание отходам мышьяка большей инертности делает их последующую переработку более энерго- и ресурсозатратной. К тому же, захоронение отходов не согласуется с принципами видимой экологии будущего, где подавляющее большинство сырья должно быть перерабатываемым и частично возобновляемым, что подталкивает нас к решению перерабатывать отходы для получения продукции.

К плюсам переработки можно отнести наличие готовых производств, наличие патентной базы, призванной сделать производство более экономичным и экологичным, отсутствие необходимости захоронения, и



как следствие сокращение территорий, предназначенных под полигоны. Но для пути переработки стоит учитывать, что химия отвалов зачастую требует переоборудования производства, возможно даже его технического переоснащения. Если же подходить к решению данного вопроса через постройку нового предприятия, то нужно учитывать и прорабатывать явные проблемы, которыми являются: опасность такого производства, необходимый экологический мониторинг, ограничение ресурсной базы и различие химического состава ресурсов, пониженный спрос на мышьяк в настоящее время, экономика производства, и тд.

В настоящее время большей частью этой проблемы остаётся неизвестность количества подобных отходов: касательно государственных органов – у такой информации, как правило, ограниченный доступ; а с точки зрения предпринимателей (организаций) – нежелание тратить деньги на утилизацию отходов, ведь гораздо дешевле отказаться от права собственности.

Бесхозные в нашем случае отходы находятся во владении государства, а значит и утилизироваться должны за его счёт. Однако, пока объект не создаёт прямой опасности, экологической профилактикой заниматься никто не планирует. Опять же встаёт правовой вопрос ответственности, ведь государство само перед собой отвечать не будет, а возможность проведения общественной экологической экспертизы упирается в основном в отсутствии необходимой информации у граждан. Конечно, принятие «Усольского закона» призвано не допустить подобных проблем в будущем, но этот закон не касается бесхозных объектов, а значит не решает проблему с уже существующими объектами накопленного экологического вреда.

Вывод: для решения подобных проблем в настоящее время не существует необходимой законодательной базы, призванной соблюдать право каждого человека на благоприятную окружающую среду.

#### Литература:

1. Богданов А. В., Федотов К. В., Качор О. Л. Разработка научных и практических основ рекуперативной технологии экобетонирования мышьяксодержащих отходов горно-перерабатывающей промышленности. – 2014.
2. Галкова Л. И. Физико-химическое обоснование утилизации мышьяковистых кеков медно-цинкового производства. – 2021.
3. Качор О. Л. Разработка научно-практических основ ликвидации накопленного экологического ущерба от мышьяковистых отходов горно-перерабатывающей промышленности. – 2019.

4. Качор О. Л. Разработка экологически безопасной технологии переработки мышьяксодержащих отходов горно-перерабатывающей промышленности : дис. – Иркутский государственный технический университет, 2011.
5. Копылов Н. И. Проблемы мышьяксодержащих отходов. – 2012.
6. Патент RU 2409687 C2 20.01.2011
7. Патент RU 2483129 C1 27.05.2013
8. Терехин А. Н., Коган Б. И., Бунимович Г. А. Производство олова и методы обезвреживания газообразных, жидких и твердых отходов: Аналит. обзор. //Новосибирск. – 1990.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ  $\text{V}_2\text{WO}_6$  И  $\text{TlO}_2\text{-N}$   
НА ИХ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ  
В ХОДЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ БЕНЗОЛА**

**М.Е. Морозова**

**Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
Новосибирский государственный университет,  
г. Новосибирск, m.morozova4@ngsu.ru**

**Научный руководитель: Люлюкин М.Н., к.х.н., с.н.с.**

*В работе представлены методы и результаты исследования композитных фотокатализаторов, устанавливающие взаимосвязь между структурными характеристиками и наблюдаемой фотоактивностью.*

*The paper describes methods and results of studies of composite photocatalysts, establishing the relationship between the structural characteristics and the observed photoactivity*

Явление полупроводникового фотокатализа позволяет использовать энергию света для проведения разнообразных и практически важных химических реакций [1]. Эффективное использование поглощенного излучения оптического диапазона достигается за счет генерирования активных частиц, обладающих окислительно-восстановительными потенциалами, достаточными для обеспечения протекания процессов окислительной деструкции веществ-загрязнителей, синтеза органических и неорганических соединений и т.д. [2]

На сегодняшний день диоксид титана является наиболее часто применяемым фотокатализатором, однако он уступает по ряду свойств модифицированному азот-допированному аналогу ( $\text{TiO}_2\text{-N}$ ). В отличие

от своего предшественника (немодифицированного  $\text{TiO}_2$ ),  $\text{TiO}_2\text{-N}$  способен работать не только в диапазоне УФ-излучения, но и под действием видимого света, что обеспечивается наличием примесного уровня азотных структур. Однако выяснилось, что в ходе протекания процесса окисления ацетона происходит его постепенное разрушение [3] и снижение активности фотокатализатора. Применение композитных систем с гетеропереходом на основе  $\text{TiO}_2\text{-N}$  и нанесенного на него гидротермальным методом  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  позволило решить данную проблему. В результате контакта полупроводников происходит пространственное разделение зарядов, которое подавило их рекомбинацию и также позволило стабилизировать азот-допированный диоксид титана [4].

Подход использования композитов был применен в реакции фотоокисления бензола в целях исследования возможности предотвращения накопления углеродистых отложений, которые блокируют его адсорбционные центры, что приводит к снижению эффективности протекания процесса. В ходе исследования для группы образцов с разным содержанием вольфрамата висмута были проведены эксперименты по изучению фотокаталитической активности и выявлено существование ее зависимости от содержания  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  [5]. Тем не менее, для более полного понимания и обоснования этого феномена необходимо становится поиск взаимосвязи текстурных и структурных характеристик исследуемых образцов с наблюдаемой фотоактивностью. Он и стал целью данной работы.

В ходе исследования серии образцов  $\text{Bi}_2\text{WO}_6/\text{TiO}_2\text{-N}$  были проанализированы данные рентгеновской дифракции для выявления особенностей фазового строения. Значения текстурных характеристик были получены в результате обработки данных низкотемпературной адсорбции азота. Для изучения состава поверхности проводился анализ методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Спектры диффузного отражения в УФ- и видимой областях использовались для исследования оптических свойств образцов.

В совокупности полученные результаты позволили сделать вывод об особенностях формирования фазы вольфрамата висмута для образцов данной серии. Также предложено обоснование происходящих на поверхности катализаторов процессов, приводящих к наблюдаемой в ходе реакции окисления бензола фотоактивности.

#### Литература:

1. Qin M.-Z. et al. 2D/2D Heterojunction systems for the removal of organic pollutants: A review // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2021. Vol. 297. P. 102540.

2. Belousov A.S. et al. Potential of Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>-based heterojunction photocatalysts for environmental remediation // Materials Today Chemistry. 2023. Vol. 32. P. 101633.

3. Kovalevskiy N. et al. Visible-Light-Active N-Doped TiO<sub>2</sub> Photocatalysts: Synthesis from TiOSO<sub>4</sub>, Characterization, and Enhancement of Stability Via Surface Modification: 23 // Nanomaterials. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022. Vol. 12, № 23. P. 4146.

4. Kovalevskiy N. et al. Enhanced Photocatalytic Activity and Stability of Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub> – TiO<sub>2</sub>-N Nanocomposites in the Oxidation of Volatile Pollutants // Nanomaterials. 2022. Vol. 12, № 3. P. 359.

5. Lyulyukin M. et al. Kinetic Aspects of Benzene Degradation over TiO<sub>2</sub>-N and Composite Fe/Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub>/TiO<sub>2</sub>-N Photocatalysts under Irradiation with Visible Light // IJMS. 2023. Vol. 24, № 6. P. 5693.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОФАЗНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА В ПРИСУТСТВИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ MeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/ЦЕЛЛЮЛОЗА (Me – Cu, Mn, Mg, Co, Zn)

А.А. Перебейнос<sup>1</sup>, В.В. Гуровский<sup>1</sup>, Д.А. Яценко<sup>2</sup>,  
Т.И. Мищенко<sup>2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,

г. Новосибирск, gromov@catalysis.ru

*Исследован процесс каталитического жидкофазного окисления фенола в присутствии катализаторов типа MeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Me – Cu, Mn, Mg, Co, Zn), нанесенных на целлюлозу. Показано, что лучшим носителем является негидролизованная микрокристаллическая целлюлоза. Наиболее высокую конверсию фенола (100%) и степень минерализации (90%) показали системы на основе Cu. Радикальный механизм окисления подтвержден в реакции с добавлением C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH – «ловушки» радикалов.*

*The process of catalytic liquid-phase oxidation of phenol in the presence of MeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> type catalysts (Me - Cu, Mn, Mg, Co, Zn) deposited on cellulose has been studied. It is shown that the best carrying agent is non-hydrolyzed microcrystalline cellulose. The highest phenol conversion (100%) and degree of mineralization (90%) were shown by Cu-based systems. The radical oxidation mechanism was confirmed in the reaction with the addition of C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH - a "trap" of radicals.*

Органические вещества являются распространенными загрязнителями природных сред, в частности водных объектов. Фенол и

его производные являются одними из наиболее токсичных экотоксикантов (ПДК фенола для вод рыбохозяйственного назначения – 0,001 мг/л), которые часто встречаются в сточных водах предприятий нефтеперерабатывающей, нефтехимической, фармацевтической, пищевой и др. отраслей промышленности. Недостаточная очистка сточных вод приводит к попаданию фенольных соединений в природные водоемы, что способствует ухудшению состояния экосистем, пагубно влияет на живые организмы и здоровье человека [1]. Таким образом, поиск новых способов удаления стойких органических загрязнителей из водных систем является актуальной задачей.

В настоящее время для очистки сточных вод от фенолов разработано большое количество методов, которые делятся на механические, биологические, физико-химические, химические. К ним в свою очередь относятся ультразвуковая обработка, мембранная фильтрация, экстракция, обработка ферментами, адсорбция и т.д. Однако, некоторые из этих процессов требуют большого количества энергии и имеют ряд недостатков, таких как образование опасных побочных продуктов, дороговизна, эксплуатационные трудности и низкая эффективность [2]. Каталитические технологии глубокого жидкофазного окисления с использованием твердых катализаторов на основе смешанных оксидов переходных металлов (Fe, Cu, Mn, Co и др.), нанесенных на различные носители, являются перспективным методом удаления экотоксикантов из водных сред [3,4].

Целью данной работы являлось изучение процесса жидкофазного пероксидного окисления фенола в присутствии синтезированных ранее [4] катализаторов типа  $\text{MeFe}_2\text{O}_4$ /Целлюлоза (Me – Cu, Mn, Mg, Co, Zn), выявление наиболее эффективного катализатора и исследование влияния различных условий на его каталитическую активность.

Испытания катализаторов проводились в стеклянном термостатированном реакторе при постоянном интенсивном перемешивании. Начальная концентрация фенола составляла 6,1 ммоль/л. В реактор вносили субстрат и добавляли катализатор, далее добавляли расчетное количество окислителя и начинали отсчет времени процесса. Концентрацию фенола определяли методом ВЭЖХ, расход пероксида водорода контролировали спектрофотометрическим методом.

Все эксперименты проводились в подобранных ранее [5] условиях: начальная концентрация  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 1,34 моль/л, температура – 60°C, загрузка катализатора – 15 мг, время проведения эксперимента – 180 мин. Степень конверсии фенола в присутствии исследуемых катализаторов составляла 33 – 100%. Конверсия фенола в отсутствие катализатора – 6%.

Влияние типа целлюлозного носителя на процесс деструкции фенола исследован в присутствии марганецсодержащих катализаторов. Исследованы образцы  $MnFe_2O_4$ , нанесенного на хлопковую (ССН1) и медицинскую (ССН2) вату, а также на негидролизованную (СМС) и гидролизованную (СМСН) микрокристаллическую целлюлозу. Выявлено, что наиболее эффективным носителем является СМС. Конверсия фенола достигала 100% за 45 минут реакции, степень минерализации составила 82%.

Влияние активного компонента катализатора на пероксидное окисление фенола исследовано на образцах с целлюлозным носителем ССН1. Наибольшая каталитическая активность наблюдалась у катализатора  $CuFe_2O_4/ССН1$ , степень превращения фенола составляла 100% уже к 30 мин, степень минерализации – 90% после завершения эксперимента. Для данного катализатора было исследовано влияние температуры и рН среды на процесс. Показано, что система  $CuFe_2O_4/ССН1$  эффективно работает как в кислой, так и нейтральной среде.

Для подтверждения радикального механизма окисления фенола пероксидом водорода, был проведен эксперимент в присутствии  $CuFe_2O_4/ССН1$  с добавлением этанола, который является ловушкой радикалов, объемное отношение  $C_2H_5OH: H_2O_2 = 1:1$ . Показано, что в присутствии спирта конверсия фенола составила 12%, таким образом, механизм реакции – радикальный.

Таким образом, каталитические системы типа  $MeFe_2O_4/Целлюлоза$  позволяют достаточно эффективно удалять фенол из водных растворов.

#### Литература:

1. Panigrahy N., Priyadarshini A., Sahoo M. M. et al. A comprehensive review on eco-toxicity and biodegradation of phenolics: Recent progress and future outlook // *Environmental Technology & Innovation* – 2022. – Vol. 27. – P. 102423.
2. Mohamad Said K.A., Ismail A.F., Abdul Karim Z. A review of technologies for the phenolic compounds recovery and phenol removal from wastewater // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2021. – Vol. 151. – P. 257–289.
3. Othman I., Haija M. A., Ismail I. et al. Preparation and catalytic performance of  $CuFe_2O_4$  nanoparticles supported on reduced graphene oxide ( $CuFe_2O_4/rGO$ ) for phenol degradation // *Materials Chemistry and Physics*. – 2019, – Vol. 238. – P. 121931.

4. Трегубова К.В., Мищенко Т.И., Яценко Д.А., Громов Н.В. // Наука. Промышленность. Оборона: XXIV Всероссийская научно-техническая конференция, – НГТУ, 2023. – С.235-239.

5. Перебейнос А.А., Гуровский В.В., Яценко Д.А., Мищенко Т.И., Громов Н.В // Химические технологии функциональных материалов : материалы IX Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции. – НГТУ, 2023. – С.269-270.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОГО ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ**

**А.К. Петренко<sup>1,2</sup>, Т.Б. Медведева<sup>1</sup>, П.В. Землянский<sup>3</sup>,  
М.Н. Тимофеева<sup>1,2,3</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>**

**<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
г.Новосибирск,**

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

**<sup>3</sup>Институт органической химии им. Зелинского РАН,  
г.Москва**

*В данной работе проведено исследование, направленное на доочистку воды от фенола путем жидкофазного пероксидного окисления в присутствии различных оксидных катализаторов, таких как перовскитодобные оксиды, смешанные оксиды  $Fe_3O_4$  и ферриты  $CuFe_2O_4$ . Показана высокая эффективность шпинели  $CuFe_2O_4$ , приготовленной методом СВЧ-облучения. В присутствии данного катализатора наблюдается полное превращение фенола с глубиной минерализации 94%. Проведено исследование влияния температуры, мольного отношения окислителя к субстрату, а также pH реакционной смеси на исследуемый процесс.*

*In this paper a study has been carried out to pretreat water from phenol by peroxide oxidation in the presence of various oxide catalysts such as perovski-like oxides, mixed  $Fe_3O_4$  oxides and  $CuFe_2O_4$  ferrites. The high efficiency of  $CuFe_2O_4$  spinel prepared by microwave irradiation is shown. Full phenol conversion with a mineralization equal to 94% was observed over  $CuFe_2O_4$ -MW. The influence of temperature, molar ratio of oxidant to substrate, and pH of the reaction mixture on the investigated process was studied.*

Проблема полной очистки производственных стоков от экотоксикантов является одной из наиболее важных и одновременно

трудно решаемых. Одним из распространённых загрязнителей сточных вод является фенол. Вдыхание фенола вызывает нарушение функций нервной системы. Пары и раствор фенола также раздражают слизистые оболочки глаз, дыхательных путей, кожи, вызывая химические ожоги. В сточных водах предприятий содержание фенолов может превышать 10-20 г/дм<sup>3</sup>. Предельно допустимая концентрация фенола в сточных водах составляет 0,001 мг/л. Сегодня существуют ряд методов очистки от фенола, однако такие методы не эффективны при низких концентрациях загрязнителя. Поэтому требуются дополнительные методы, направленные на доочистку воду от фенола. Одним из перспективных методов доочистки сточных вод от экотоксикантов является пероксидное жидкофазное каталитическое окисление. Такой метод обладает рядом преимуществ, такими как экологичность (конечные продукты реакции вода и углекислый газ), мягкие условия процесса (низкие температуры), простота исполнения процесса, не требуют дорогого оборудования.

Целью работы является исследование процесса жидкофазного пероксидного каталитического окисления фенола в присутствии различных оксидных катализаторов, таких как перовскиподобные оксиды, смешанных оксидов Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и ферриты CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Для исследуемого процесса были приготовлены три серии катализаторов: 1) перовскитоподобные катализаторы LaMeO<sub>3</sub> (Me – Fe, Ni, Co); 2) шпинели Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Катализаторы отличались методами синтеза, использованы подходы термической обработки предшественников и СВЧ-облучения. Все приготовленные каталитические системы были исследованы комплексом физико-химических методов анализа (РФА, ИК, ЭСДО и др.).

Пероксидное окисление проводили в термостатируемом реакторе при температуре 30-50 °С и варьировании концентраций субстрата и окислителя в диапазоне 3-18 мМ и 0,2-0,025 М соответственно. Загрузка катализатора составила 1 г/л. Концентрация пероксида водорода в ходе эксперимента поддерживалась постоянной периодическим добавлением необходимого количества окислителя, концентрацию которого определяли спектрофотометрически с использованием раствора TiCl<sub>4</sub>. Реакционные растворы на содержание фенола исследовали методом ВЭЖХ (Милихром А-02, Россия). Общий органический углерод в пробах определяли на анализаторе углерода (multi N/C 2100s, Analytik Jena, Германия).

На первом этапе работ исследовали сорбцию-десорбцию субстрата на приготовленных каталитических системах в отсутствии окислителя (50 °С, [PhOH] = 0,006 М, [катализатор] = 1 г/л). Показано, что на



катализаторах наблюдается необратимая сорбция фенола, которая не превышает 1-6% субстрата за 180 мин.

На втором этапе был исследован процесс разложение пероксида водорода на приготовленных каталитических системах ( $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,01\text{M}$ ,  $[\text{катализатор}] = 1\text{ г/л}$ ). Все каталитические системы оказались активны в процессе разложение окислителя. Так, разложение  $\text{H}_2\text{O}_2$  составляла 48-100%. Наибольшей активностью в разложении пероксида водорода обладает  $\text{LaCoO}_3$ , в присутствии которого полное разложение окислителя протекает за 2 мин.

На третьем этапе проводили испытания каталитических систем в пероксидном окислении фенола при естественном pH (6-7) ( $[\text{субстрат}] = 0,006\text{ M}$ ,  $[\text{катализатор}] = 1\text{ г/л}$ ,  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,1\text{ M}$ ,  $T = 50^{\circ}\text{C}$ ) (Рис.1).

При естественном pH смешанные оксиды и перовскитоподобные катализаторы продемонстрировали невысокую активность (конверсия фенола – 0-13%) (рисунок 1А). Однако в присутствии катализаторов  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , приготовленных как СВЧ-обработкой, так и гидротермальным способом, наблюдается 100% конверсия фенола.

При pH среды, равном 3, каталитическая активность возрастала в ряду  $\text{LaNiO}_3 < \text{LaCoO}_3 < \text{LaFeO}_3\text{-1} < \text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Т} \sim \text{LaFeO}_3\text{-2} < \text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Т} < \text{Fe}_3\text{O}_4\text{-СВЧ} < \text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-СВЧ}$  (Рис.1Б). В присутствии перовскита  $\text{LaFeO}_3\text{-2}$ , оксидов  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-СВЧ}$ , а также ферритов  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-Т}$  и  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-СВЧ}$  конверсия фенола достигала 100%. Стоит отметить, что катализаторы  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , приготовленный СВЧ-обработкой, активнее, чем  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ , синтезированных гидротермальным способом, что, по-видимому, связано с наличием большого количества дефектов на поверхности СВЧ-образцов. Анализ реакционных растворов на ООУ показал, что наибольшая степень минерализации 94% наблюдается в присутствии катализатора  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-СВЧ}$ . Таким образом, для оптимизации исследуемого процесса был выбран катализатор  $\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-СВЧ}$ .

Изучение влияния температуры показало, что при температурах 35-50  $^{\circ}\text{C}$  конверсия субстрата достигает 100 %, и температура влияет на скорость реакции ( $\text{pH}=3$ ,  $[\text{субстрат}] = 0,006\text{ M}$ ,  $[\text{CuFe}_2\text{O}_4\text{-СВЧ}] = 1\text{ г/л}$ ,  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,1\text{ M}$ ,  $t = 5\text{ч}$ ). Снижение температуры с 50 до 30  $^{\circ}\text{C}$  приводит к уменьшению степени минерализации с 94 до 32%. Поскольку при 50  $^{\circ}\text{C}$  наблюдается высокая начальная скорость реакции (за 5 мин конверсия фенола составляет 100 %), то для дальнейших испытаний была выбрана температура, равная 35  $^{\circ}\text{C}$ .

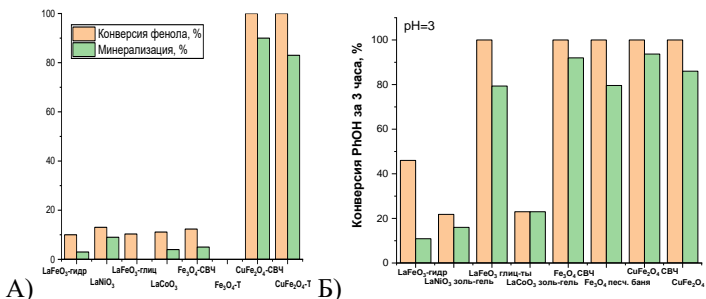


Рис. 6 – Пероксидное окисление фенола при А) естественном рН и Б) при рН, равном 3. Условия: [субстрат] – 0,006 М, [катализатор] – 1 г/л, [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] – 0,1 М, Т – 50°С)

Влияние загрузки окислителя изучали при концентрации пероксида водорода 0,025-0,2 М. Так, при концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,05-0,2 М наблюдается 100% конверсия фенола за 180 мин (степень минерализации 40-45 %). Такая загрузка окислителя влияет лишь на начальную скорость процесса. При снижении концентрации окислителя до 0,025 М конверсия субстрата не превышает 40%. Оптимальной загрузкой окислителя выбрана 0,05 М (соотношение окислитель/субстрат = 8,3).

Исследование влияния концентрации субстрата показало, что конверсия фенола достигает 100% при его концентрации 0,003-0,012 М за 5ч реакции при наблюдаемой минерализации 30-60%. Наибольшая минерализация наблюдается при начальной концентрации субстрата 0,003 М (рН = 3, [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 0,05 М, t = 5ч, T = 35 °С, [катализатор] = 1 г/л).

Известно, что на процесс пероксидного окисления оказывает влияние рН реакционной среды. Так, нами проведено исследование при варьировании рН в диапазоне 3-9 ([субстрат] = 0,006 М, [катализатор] = 1 г/л, [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 0,05 М, t = 5ч, 35 °С). Показано, что в щелочной среде конверсия субстрата составляет лишь 20%. При рН, равном 6, наблюдается превращение фенола 90%. Наибольшая каталитическая активность наблюдается при рН, равном 3 (конверсия фенола – 100%, ООУ – 45%)

Таким образом, приготовлены три серии каталитических систем. Показана высокая эффективность шпинели CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, приготовленного методом СВЧ облучения. В присутствии данного катализатора показана возможность полного превращения фенола с глубиной минерализации 94%. Проведено исследование влияния температуры, мольного отношения окислителя к субстрату, а также рН реакционной смеси на исследуемый процесс.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ КОМПОЗИТНЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ $\text{Bi}_2\text{WO}_6$ И $\text{TiO}_2$ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Д.А. Польших<sup>1,2</sup>, М.Е. Морозова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, <sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, pol.d.a@catalysis.ru  
Научный руководитель: Люлюкин М.Н., к.х.н., с.н.с.

*В работе представлены методы и результаты исследования композитных фотокатализаторов, позволяющие установить поведение фотогенерированных зарядов в полупроводнике.*

*The paper describes methods and results of studies of composite photocatalysts, which allow establish the behavior of photogenerated carriers in a semiconductor.*

Фотокатализ – активно развивающееся направление энергетического и экологического катализа, которое уже применяется на практике. Однако во многих представленных научных работах активность катализатора остается единственным мерилем для определения перспективного направления в изменении параметров синтеза каталитических систем и их применения. Из-за этого теряется фундаментальное понимание причин проявления фотокаталитической активности одних образцов и ее отсутствия у других. Поэтому мы поставили целью провести фотоэлектрохимическую характеризацию серии каталитических образцов и улучшить понимание причин возникновения активности, а также наличия оптимального соотношения компонентов в образцах.

Для исследования фотоэлектрокаталитических свойств была выбрана серия композитных фотокатализаторов из азот-допированного диоксида титана ( $\text{TiO}_2\text{-N}$ ) с нанесённым на него гидротермальным способом вольфраматом висмута ( $\text{Bi}_2\text{WO}_6$ ) с различным соотношением компонентов. Показатели активности данной системы в проведении процессов фотокаталитического окисления органических загрязнителей уже были изучены в нашей лаборатории для различных модельных органических субстратов: ацетона [1] (как хорошо адсорбируемого и сравнительно быстро окисляемого вещества, не приводящего к дезактивации фотокатализатора), и бензола [2] (как примера ароматического, тяжело окисляемого субстрата с ограниченной адсорбцией на поверхности катализатора). Таким образом появляется возможность провести корреляции между фотоэлектрохимическими характеристиками катализаторов и показателями их фотокаталитической активности в газофазном процессе.

Для анализа свойств катализаторов использовались методы Мотта–Шоттке и измерения фототоков. Также нами применены методы измерения спектров электрохимического импеданса [3] и анализ спада потенциала разомкнутой цепи (OCPD - Open Circuit Potential Decay) [4], которые уже продолжительное время используются в фотовольтаике для определения времени жизни носителей заряда (carrier lifetime). Несмотря на то, что в области фотокатализа эти методы применяются редко, они были использованы для анализа поведения фотогенерированных носителей зарядов при облучении полупроводниковых структур излучением оптического диапазона.

При анализе результатов измерения фототоков и времени жизни носителей заряда, сделаны выводы, что при фотокаталитическом окислении ацетона (легко окисляемого субстрата) фактором, определяющим активность, является концентрация носителей заряда, генерируемых в образце. А при фотокаталитическом окислении бензола (тяжело окисляемого субстрата) решающими факторами оказываются адсорбция субстрата на поверхности катализатора и перенос электрона с окисляемого субстрата на катализатор. Также полученные данные подтверждают, что  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  проявляет себя как акцептор фотогенерированных электронов за счет чего повышается время жизни электрон-дырочной пары.

Литература:

1. Kovalevskiy N. et al. Enhanced Photocatalytic Activity and Stability of  $\text{Bi}_2\text{WO}_6 - \text{TiO}_2\text{-N}$  Nanocomposites in the Oxidation of Volatile Pollutants // *Nanomaterials*. 2022. Vol. 12, № 3. P. 359.
2. Lyulyukin M. et al. Kinetic Aspects of Benzene Degradation over  $\text{TiO}_2\text{-N}$  and Composite  $\text{Fe}/\text{Bi}_2\text{WO}_6/\text{TiO}_2\text{-N}$  Photocatalysts under Irradiation with Visible Light // *IJMS*. 2023. Vol. 24, № 6. P. 5693.
3. Bisquert J. Theory of the Impedance of Electron Diffusion and Recombination in a Thin Layer // *J. Phys. Chem. B*. 2002. Vol. 106, № 2. P. 325–333.
4. Zaban A., Greenshtein M., Bisquert J. Determination of the Electron Lifetime in Nanocrystalline Dye Solar Cells by Open-Circuit Voltage Decay Measurements // *ChemPhysChem*. 2003. Vol. 4, № 8. P. 859–864.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПО МОДИФИКАЦИИ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Ю.В. Пупкова, И.О. Красильников, О.М. Горелова**  
**Алтайский государственный технический университет**  
**им. Ползунова г. Барнаул, pupkova@yuu@mail.ru**  
**Научный руководитель: Горелова О.М., к.т.н., доцент**

*В работе представлены исследования по модификации полимерных мембран, предполагающие повышение их селективности при очистке воды от органических соединений. Рассмотрены варианты иммобилизации на мембране бентонитовой глины, карбоната кальция. Оценка эффективности удаления примесей на мембране производилась методом газожидкостной хроматографии.*

*The paper presents research on the modification of polymer membranes, suggesting an increase in their selectivity when purifying water from organic compounds. Options for immobilization of bentonite clay and calcium carbonate on a membrane are considered. The efficiency of removing impurities on the membrane was assessed by gas-liquid chromatography.*

Мембранные процессы в настоящее время применяются во многих сферах технологического производства, они являются перспективными, высокоселективными, обеспечивающими рекуперацию ценных компонентов. Наиболее широкое распространение мембранные технологии получили в практике водоподготовки и водоочистки. Некоторые задачи, например, эффективное удаление из воды коллоидных примесей, эффективно может решаться преимущественно при использовании полупроницаемых мембран.

Широкое применение мембранных технологий в водоочистке также объясняется рядом преимуществ, которые они имеют по сравнению с другими методами: высокая эффективность, низкие энергозатраты, простота и компактность аппаратного оформления, непрерывность и безреагентность, возможность регулирования свойств мембран.

В водоочистке применяются полимерные мембраны с различным размером пор, что связано с реализацией разных процессов: микрофльтрации, нанофльтрации, ультрафльтрации и обратного осмоса.

От свойств и характеристик полупроницаемых мембран зависит эффективность мембранных процессов. Разделительные элементы изготавливают из различных, чаще всего полимерных, материалов: ацетат целлюлозы, полисульфон, полиамид, полипропилен и др. При

эксплуатации мембран важно определить влияние на их свойства рН обрабатываемого раствора, температуры и давления, при которых происходит разделение.

Зачастую, заводские мембранные материалы не обеспечивают необходимую селективность, поэтому прибегают к их модификации. Кроме того, усовершенствование мембран требуется при эксплуатации их в агрессивной среде и при повышенных температурах [1].

Основными методами модификации мембран являются:

- введение в поверхность пор различных ионов;
- внедрение в поры функциональных групп;
- нанесение органических и неорганических соединений на поверхность мембран.

Целью настоящих исследований является модификация заводских полупроницаемых мембран для использования их в технологии очистки воды от органических примесей. При этом необходимо обеспечить мембране устойчивость в агрессивной среде и высокую селективность.

Исследования проводили с использованием следующих мембран: ацетатцеллюлозная и полисульфоновая, производителя ЗАО НТЦ «Владипор». Применялись следующие способы модификации:

- облучение мембраны ультрафиолетом;
- обработка материала мембраны фотоактивными реагентами;
- иммобилизация на поверхности мембран неорганических веществ: бентонитовой глины и карбоната кальция с помощью фотополимеризующихся материалов.

Для изучения свойств модифицированных мембран применяются следующие методы: микроскопия, гравиметрия. При этом оценивалась стойкость материала в диапазоне рН от 4 до 10 и устойчивость к агрессивному воздействию органических веществ.

Исследования по очистке воды от органических примесей проводились на плоскокамерной лабораторной мембранной установке.

Для оценки эффективности улавливания мембраной органических соединений применялась газожидкостная хроматография.

Проведенные исследования не позволяют однозначно сделать вывод о целесообразности модификации, поскольку наилучший результат, полученный при нанесении бентонитовой глины позволил увеличить селективность всего на 7%.

Тем не менее, исследования в данном направлении будут продолжены, их результатом будет технология модификации полисульфоновой мембраны с получением высокоселективного разделяющего элемента для очистки сточных вод, стойкого к органике.

Литература:

1. Дытнерский, Д. Ю. Обратный осмос и ультрафильтрация. – Москва: Химия, 1978. – 352 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**А.К. Рейх, В.В. Гуровский, Н.В. Громов**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, n.v.gromov@corp.nstu.ru**

*В России остро стоит вопрос пожаротушения лесов. Основным способом устранения лесных пожаров является тушение водой, но оно не эффективно и финансово затратно. В качестве альтернативы рассмотрены композиционные материалы - селективные сорбенты воды (SWS). Они представляют собой двухфазную систему из пористой матрицы-основы (силикагеля) и гигроскопичного вещества (кристаллогидрата простых неорганических солей), нанесенного на поверхность матрицы. За счет своей уникальной возможности поглощать энергию горения материал является перспективным в противопожарных целях.*

*In Russia, the issue of forest firefighting is acute. The main way to eliminate forest fires is extinguishing with water, but it is not effective and financially costly. As an alternative, composite materials - selective water sorbents (SWS) are considered. They are a two-phase system of a porous matrix-base (silica gel) and a hygroscopic substance (crystal hydrate of simple inorganic salts) impregnated in its pores. Due to its unique ability to absorb gorenje energy, the material is promising for fire-fighting purposes.*

Природные пожары являются одной из главных проблем человечества. Лес занимает треть всей суши Земли, что составляет около 38 млн км<sup>2</sup>, из которых 8,5 млн км<sup>2</sup> располагается на территории России. По данным Росстата [1] ежегодно в пожарах погибает более 100 тыс. га лесных насаждений Российской Федерации. Убыток, приносимый лесными пожарами, является катастрофическим для окружающей среды и человека. Огромные материальные затраты, гибель людей, загрязнение атмосферы, уничтожение имущества и многие другие последствия влекут за собой лесные пожары.

Все лесные пожары принято делить на три вида: низовые, верховые и почвенные (подземные) [2]. При низовых пожарах выгорает лесная подстилка и нижний ярус лесной растительности (трава, кустарники, мхи, лишайники и др.), деревья остаются нетронутыми. При верховом –

сгорает лес, а при почвенном – торф и корни деревьев. Важно отметить, что низовой и почвенный пожары легко переходят в верховой, который распространяется с гигантской скоростью (4000-5000 м/ч) сжигая все на своем пути.

Основной метод борьбы с лесными пожарами – тушение водой и огнетушащими растворами. Вода обладает высокой молярной теплоемкостью и энтальпией испарения, поэтому может подавлять пламя [3]. Но потери воды при тушении составляют порядка 98-99 % [4]. Также не всегда вблизи пожаров есть источники воды, и возникает вопрос транспортирования и дополнительных финансовых расходов. Поэтому остро стоит вопрос поиска новых химических веществ, которые обладают хорошими огнетушащими свойствами и эффективно подавляют распространение пламени.

Перспективными материалами, которые могут быть использованы при пожаротушении, являются селективные сорбенты воды (SWS) [5]. Это композиционные материалы, представляющие собой двухфазную систему, состоящую из пористой матрицы-основы и гигроскопичного вещества, пропитанного в ее порах. В качестве гигроскопичного вещества используются кристаллогидраты простых неорганических солей, в связи с тем, что их обезвоживание требует больших затрат энергии. Однако кристаллогидраты обладают маленькой поверхностью контакта и высокой коррозионной активностью, поэтому для удобства их помещают в пористое твердое тело, в качестве которого используется силикагель. При попадании такого композиционного материала в огонь, кристаллогидрат разлагается, под действием энергии горения, тем самым гася пламя.

Из всего выше сказанного следует, что селективные сорбенты воды (SWS), представляющие собой двухфазную систему из пористой матрицы-основы (силикагеля) и гигроскопичного вещества (кристаллогидрата простых неорганических солей), пропитанного в ее порах, являются перспективными материалами в противопожарных целях за счет своей уникальной возможности поглощать энергию горения.

#### Литература:

1. Охрана окружающей среды в России. 2020: Стат. сб. // Росстат. – 2020. – 113 с.
2. Сергеев С.А., Сметанкина Г.И., Дорохова О.В. Классификация лесных пожаров // Экономика и социум. 2018. №11 (54). – 1267 с.
3. Карпов В. Н., Копылов Н. П., Кузнецов А. Е. Стендовые испытания огнетушащих веществ, используемых для авиационного тушения лесных



пожаров // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVIII межд. науч.-практ. конф. – 2016. – Т. 2. – 470 с.

4. Абдурагимов И. М. Проблема тушения крупных лесных пожаров и крупномасштабных пожаров твердых горючих материалов в зданиях // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – №2. – С. 69-74.

5. Parmon V.N., Krivoruchko O.P., Aristov Y. Use of Modern Composite Materials of the Chemical Heat Accumulator Type for Fire Protection and Fire Extinguishing // Prevention of Hazardous Fires and Explosions. – 1999. – V. 26. – P. 35-37.

## **ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛИСТЬЯХ СИРЕНИ ВЕНГЕРСКОЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

**Д.А. Романов**

**Новосибирский государственный технический университет**

**г. Новосибирск, d.romanov.2019@stud.nstu.ru**

**Научный руководитель: Храмова Е.П., д.б.н.**

*В данной работе выявлены особенности содержания биологически активных соединений (БАС) в листьях сирени венгерской (*Syringa josikaea*) в условиях крупного промышленного мегаполиса г. Новосибирска в зависимости от уровня антропогенной нагрузки. Изменения в содержании БАС в листьях сирени могут быть использованы для индикации загрязнения окружающей среды и служить характеристикой устойчивости растений к воздействию стрессоров. Результаты исследования могут служить материалом для дальнейшего экологического мониторинга выбранных районов, а так же быть полезными при подготовке ландшафтных проектов, в которых одной из функций посадки сирени выступает создание зелёного защитного барьера между зоной выхлопных выбросов и пешеходным пространством. На данном этапе работа носит обзорный характер и в большей степени направлена на постановку задач и анализ результатов на раннем этапе работы.*

*In this work, the peculiarities of the content of biologically active compounds (BAC) in the leaves of Hungarian lilac (*Syringa josikaea*) in the conditions of a large industrial metropolis Novosibirsk depending on the level of anthropogenic load were revealed. Changes in the BAC content in lilac leaves can be used to indicate environmental pollution and serve as a characteristic of plant resistance to stressors. The results of the study can serve as a material for further environmental monitoring of selected areas, as well as be useful in the preparation of landscape projects, in which one of the functions of planting lilacs is to create a green protective barrier between the zone of exhaust emissions and pedestrian space. At this stage, the article is of an overview*

*nature and is more aimed at setting objectives and analyzing results at an early stage of work*

Экологический мониторинг состоит из связки взаимодополняющих друг друга химико-аналитического и биологического методов.

В настоящей работе рассматривается часть исследования, посвящённая анализу листьев *Syringa josikaea* (сирень венгерская) на содержание общего количества фенольных соединений, фенолоксилов, флавонолов, катехинов, танинов и сапонинов. Изменения в содержании БАС может стать частью информационной базы для отнесения сирени к экологическому маркеру загрязняющих веществ, характерных для г.Новосибирска в зоне рассматриваемых пробных площадок.

#### *Цель исследования*

Определить содержание БАС в листьях *Syringa josikaea*, произрастающих в условиях разной антропогенной нагрузки, и провести сравнительный анализ изменений в концентрации БАС для оценки загрязнённости городской среды.

Для исследования выбраны следующие участки: 1) рекреационная зона «Монумент Славы» («МС»), находящаяся в окружении трёх автомагистралей с интенсивным движением, в 1,5 км от ТЭЦ-2; 2) жилая зона - придомовая территория по ул. Чаплыгина около кафе «Кардамон»; 3) транспортные зоны - «Театр Глобус» и «Часовня» на перекрёстке ул. М. Горького и ул. Красный проспект. Образцы, собранные на придомовой территории, служили в качестве «условного» контроля, поскольку наиболее удалены от автомобильных дорог и промышленных предприятий.

Отбор проб листьев проводился в период завершения интенсивного роста листьев 30-31 августа 2023 г. (материал предоставлен сотрудниками ЦСБС СО РАН - к.б.н. А.Ю. Луговской и к.б.н. Е.М. Лях). Образцы листьев отбирали равномерно по всей кроне на высоте 1-2 метра с годовых побегов и формировали среднюю пробу из 10 штук.

Образцы высушивали в затененном месте без доступа солнечных лучей, измельчали и брали точную навеску (0,5000 г). Одновременно брали навеску для определения абсолютно-сухой массы (1,0000 г).

Водно-этанольные экстракты из листьев сирени получали последовательным трехкратным экстрагированием 0,5 г материала в 40 мл, 30 мл и 25 мл в 70%-ом этиловом спирте на кипящей водяной бане по 30 мин. на каждом этапе. Полученные экстракты объединяли и замеряли объём.

Содержание анализируемых соединений в отобранных пробах определяли спектрофотометрическим методом на приборе СФ-56. Катехины определяли методом, основанном на способности этих

веществ давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте [1]. Анализ флавонолов проводили по методу, основанному на реакции комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Концентрацию флавонолов рассчитывали по градуировочной кривой, построенной по рутину [2]. Определение танинов (гидролизуемых дубильных веществ) проводили по методике Л.М. Федосеевой в реакции с 2%-ым водным раствором аммония молибденовокислого, а расчёт концентрации дубильных веществ проводили по танину [3]. Содержание сапонинов определяли посредством реакции гидролиза экстракта, высушенного при комнатной температуре, и затем растворённого в смеси кислот  $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}$  в соотношении 3,5:5,5:1,0. По калибровочной кривой, построенной для олеаноловой кислоты в качестве стандарта, определяли массовое содержание сапонинов [4]. Для определения фенолокислот применяли реактив Арнова. Калибровочную кривую строили по кофейной кислоте [5]. Содержание фенольных соединений исследовали в реакции с реактивом Фолина-Чокалтеу, при расчёте концентрации использовали градуировочный график, построенный по галловой кислоте [6].

В листьях сирени венгерской фенольные соединения представлены фенолокислотами, катехинами, флавонолами, танинами (Таблица). Наиболее показательно из рассматриваемых соединений отражают техногенную нагрузку катехины и фенолокислоты [1].

Количество катехинов в листьях *Syringa josokaea* колеблется от 0,08 до 0,14 мас.%. Отмечено, что содержание катехинов выше в листьях сирени венгерской из участков, расположенных в сквере «Монумент Славы» (Ленинский район) и на участке «Часовня» на Красном проспекте (Центральный район) по сравнению с остальными. Можно предположить, что повышенное содержание катехинов в листьях растений из этих точек отбора связано с более интенсивной антропогенной нагрузкой. Подобная тенденция наблюдается для фенолокислот, общего содержания фенольных соединений и сапонинов в листьях сирени венгерской. Содержание фенолокислот составляет 9,5–11,7 мас.%, фенольных соединений – 6,3–8,3 мас.%, сапонинов – 10,7–21,9 мас.%, флавонолов – 3,1–6,3 мас.%.

Содержание сапонинов в 1,5–2 раза выше в листьях сирени венгерской из точек отбора с повышенной антропогенной нагрузкой по сравнению с придомовой территорией. Концентрация катехинов, фенолокислот, танинов и фенольных соединений, как правило, больше в листьях растений, произрастающих вблизи автомагистралей. Флавонолы, напротив, накапливались в листьях из точки отбора «Кардамон» («условный» контроль), что свидетельствует, скорее всего, о разных

путях биосинтеза и расхода фенольных соединений в ответ на антропогенную нагрузку.

**Таблица – Содержания основных групп биологически активных соединений в листьях сирени вида *Syringa josekaea* в зависимости от точек сбора**

Содержание биологически активных соединений, мас.%						
Точки отбора образцов	Катехины	Сапонины	Флавонолы	Танины	Фенолокислоты	Фенольные соединения
<i>Syringa josekaea</i>						
«Часовня»	0,11	21,9	4,5	20,1	11,5	7,4
«Глобус»	0,08	15,8	3,1	21,9	11,2	8,3
«МС»	0,14	21,3	4,9	16,4	11,7	7,7
«Кардамон» (условный контроль)	0,09	10,7	6,3	18,5	9,5	6,3

Как отмечают авторы статьи [7], влияние токсикантов на динамику биологически активных веществ носит немонотонный характер. Так, например, фенольные соединения, используемые для биоиндикации состояния окружающей среды, нелинейно зависят от степени техногенной нагрузки. Адаптационные механизмы растений включают в себя парадоксальную зависимость, при которой увеличение дозы токсиканта (в определённых пределах) приводит к снижению его повреждающего действия. Авторы предположили, что этот эффект стимулирующего действия низких доз токсиканта имеет гормональную природу, при котором растение переключается на новый адаптивный режим, и запускается синтез метаболитов, которые более эффективны в данных стрессовых условиях.

Все анализы были выполнены в лаборатории фитохимии Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории фитохимии за предоставленный материал и профессиональную помощь при выполнении анализов и обработки полученных данных.

### **Выводы**

1. Определено содержание биологически активных соединений в листьях сирени венгерской (*Syringa josekaea*) - катехинов, сапонинов, флавонолов, танинов, фенолокислот и суммы фенольных соединений;

2 Показано, что содержание БАС в листьях *Syringa josekaea* изменяется в зависимости от условий произрастания;

3 Выявлено, что содержание суммы фенольных соединений, фенолокислот, сапонинов и катехинов, как правило, выше в листьях растений, произрастающих на участках с интенсивной транспортной нагрузкой, по сравнению с участком, расположенном на придомовой территории. Содержание флавонолов, напротив, выше в образцах, собранных на придомовой территории (условного контроля).

4 Выявленные изменения в концентрации БАС свидетельствуют о влиянии антропогенного загрязнения на биосинтез БАС и могут служить в качестве маркеров.

5 Сирень венгерская может быть использована в качестве индикатора для оценки степени техногенной нагрузки на городскую среду.

#### Литература:

1. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris*) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Международного съезда. СПб, 2003. С. 64-69.

2. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. IV. М., 2018. С.6081-6083

3. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia Crassifolia* (L.) Fitsh, произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья, 2005. № С. 45-50.

4. Писарев Д.И. Мартынова Н.А., Нетребенко Н.Н.и др. Сапонины и их определение в корневищах аралии маньчжурской в условиях Белгородской области. // Химия растительного сырья. 2009.№4. С. 197-198.

5. Katanic, J., Boroja, T., Stankovic, N., Mihailovic, V., Mladenovic, M., Kreft, S., Vrvic, M.M., 2015. Bioactivity, stability and phenolic characterization of *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. *Food Funct* 6 (4), 1164–1175 10.1039/C4FO01208A.

6. Tohidi B, Rahimmalek M, Arzani A. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food Chem.* 2017; 220:153-161. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.203.

7. Vinogradova, N.; Vinogradova, E.; Chaplygin, V.; Mandzhieva, S.; Kumar, P.; Rajput, V.D.; Minkina, T.; Seth, C.S.; Burachevskaya, M.;

Lysenko, D.; et al. Phenolic Compounds of the Medicinal Plants in an Anthropogenically Transformed Environment. Mol

## **ЦИАНИДЫ И РОДАНИДЫ. ЭКОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Т.И. Сысоева**

**Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,  
г. Иркутск, [ersttat@gmail.com](mailto:ersttat@gmail.com)**

**Научный руководитель: Кондратьев В.В., к.т.н., с.н.с. лаб.26.2**

*Исследованы возможности электрохимической очистки циан-содержащих сточных/оборотных вод. Проведены лабораторные исследования и подобраны параметры технологии электрохимического обезвреживания жидкой фазы хвостов гидрометаллургии.*

*The possibilities of electrochemical purification of cyanide-containing wastewater/recycled water are investigated. Laboratory studies were carried out and the parameters of the technology of electrochemical neutralization of the liquid phase of hydrometallurgy tailings were selected.*

В последнее время появляется все больше разработок по созданию новых и усовершенствованию уже существующих безреагентных методов очистки сточных вод.

Среди таких методов наиболее экологически и экономически целесообразными являются деструктивные и регенерационные методы на основе электрокоагуляции и электрохимического окисления.

Сточные и оборотные воды горно-обогатительных производств являются многокомпонентными и содержат в своем составе наряду с цианидами и другие высокотоксичные соединения - ионы цветных металлов, флотореагенты, флокулянты, тиоцианаты, тиосульфаты и др.

В ходе проведенных экспериментов обоснованы и экспериментально подтверждены механизмы очистки сточных вод от тяжелых металлов в процессе гальванокоагуляции. Установлено, что удаление токсичных примесей осуществляется путем сорбции свежееобразованными соединениями железа, образованными в результате деструкции электродов, гидролизированных ионов цветных металлов, в широком диапазоне рН.

По результатам лабораторных исследований разработано устройство установки непрерывного действия для поточной обработки растворов, обеспечивающее непрерывность процесса водоочистки в ходе

последовательной пятистадийной электрохимической обработки потока растворов.

В лабораторных условиях проведены эксперименты, подтверждающие возможность обезвреживания цианосодержащих растворов только электрохимическими методами, на модельных растворах получено снижение концентрации цианидов на 99,29% и роданидов на 95,64%.

#### Литература

1. Севрюков Н.Н., Кузьмин Б. А., Челищев Е.В. Общая металлургия. Металлургия. 1976, 1976, 578с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику. Под ред. А.Н.Фрумкина. М.: Высшая школа, 1975. – 415 с.
3. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии, Поверхностные явления и дисперсные системы М.. Химия, 1989 – 464 с.
4. Некрасов, Б. В. Курс общей химии М. Госхимиздат, 1952 Т1. Т 2
5. Киреев, В.А. Курс физической химии М..Химия, 1975 - 776с.
6. Жуховицкий, А. А., Шварцман, Л. А. Издание 3-е, Москва «Металлургия», 1976
7. Справочник химика, под ред. Никольского Б.П. Л. Химия, 1964 – 1168с.
8. Справочник химика, под ред. Никольского Б.П. Л. Химия, 1964 – 1008с.
9. Уильямс, У. Дж. Определение анионов Перевод с английского. М.. «Химия» 1982
10. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. Под ред. Кудрявцева В.Н.. М. «Глобус» 1998 – 302с

## СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПРИМЕСЕЙ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Т.Р. Фазлиев<sup>1,2</sup>, Д.А. Польских<sup>1,2</sup>, М.Н. Люлюкин<sup>1,2</sup>, А.А. Першин<sup>3</sup>,  
Д.С. Селищев<sup>1,2</sup>, Д.В. Козлов<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск,

<sup>3</sup>ООО «Завод Аэролайф», г. Москва, [fttr@catalysis.ru](mailto:fttr@catalysis.ru)

Научный руководитель: Селищев Д.С., к.х.н., с.н.с.

*Работа посвящена созданию эффективного способа очистки сточных вод аэропортов, содержащих большое количество примесей этиленгликоля, который используется в качестве противообледенительного агента. Для*

решения данной задачи предложен способ окислительной деструкции этиленгликоля с использованием пероксида водорода в условиях его фотохимической активации излучением UV-C диапазона. В результате исследования был определен оптимальный с точки зрения скорости окисления и операционных затрат диапазон соотношения концентраций этиленгликоля и пероксида водорода, а также оценено влияние барботирования реакционной смеси воздухом и кислородом.

*This work is devoted to the creation of an effective method for the treatment of airport wastewater containing a large amount of ethylene glycol, which is used as an anti-icing agent. To solve this problem, a method of oxidative degradation of ethylene glycol using hydrogen peroxide under conditions of its photochemical activation by UV-C radiation is proposed. As a result of the study, the optimal range of the ratio of concentrations of ethylene glycol and hydrogen peroxide in terms of oxidation rate and operating costs was determined, and the effect of bubbling the reaction mixture with air and oxygen was estimated.*

Большое количество механических и химических примесей в сточных водах требует разработки эффективных технологий их переработки и утилизации для снижения негативного влияния на окружающую среду. Среди основных химических загрязнителей, присутствующих в сточных водах аэропортов, особую роль играет этиленгликоль, который используется в большом количестве в качестве противообледенительной жидкости (ПОЖ). Сам по себе этиленгликоль является умеренно токсичным соединением, но интенсивное использование ПОЖ в определенные периоды приводит к залповым выбросам этиленгликоля, и его концентрация в сточных водах может достигать 50000 мг/л. Высокие концентрации этиленгликоля обеспечивают рост показателей химического потребления кислорода (ХПК) и биологического потребления кислорода (БПК) воды до высоких значений, что приводит к гибели большого количества микроорганизмов. Таким образом, создание простого способа удаления примесей этиленгликоля из воды, обеспечивающего высокую эффективность и низкие операционные затраты является актуальной задачей. Решением данной задачи может являться окислительная деструкция этиленгликоля. В качестве активного окислительного агента рассматривается пероксид водорода в условиях эффективного разложения с участием большого количества высокорекреакционных частиц, обеспечивающих быстрое и полное окисление примесей этиленгликоля.

Данная работа направлена на определение оптимальных параметров окисления этиленгликоля с участием пероксида водорода в условиях фотохимической генерации высокорекреакционных частиц излучением UV-C диапазона.



В качестве модельного раствора использовался раствор этиленгликоля (ЧДА) в дистиллированной воде, суммарный объем реакционной смеси составлял 1 л. Источником UV-C излучения являлась ртутная лампа мощностью 8,5 Вт. Эффективность процесса окисления этиленгликоля определялась с помощью анализа концентрации общего органического углерода (total organic carbon, TOC) и ХПК. Для определения оптимальных параметров окисления этиленгликоля варьировали мольное соотношение концентраций этиленгликоля (ЭГ) и  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Процесс также проводили в условиях дополнительного насыщения реакционной смеси кислородом путем барботирования раствора этиленгликоля кислородом или воздухом с разной объемной скоростью.

Согласно результатам экспериментов, приведенных в Таблице 1, относительная скорость снижения общего органического углерода была максимальной в диапазоне мольного соотношения ЭГ: $\text{H}_2\text{O}_2$  от 1:5 до 1:25 (22–29% в час). Барботирование кислородом (200 мл/мин) или воздухом (1 л/мин) привело к увеличению относительной скорости снижения общего органического углерода до 33–34% в час для соотношения ЭГ: $\text{H}_2\text{O}_2 = 1:5$  и 1:10, а для соотношения ЭГ: $\text{H}_2\text{O}_2 = 1:3$  относительная скорость увеличилась с 9% в час при отсутствии барботирования до 26–28% в час. Уменьшение концентраций ЭГ и  $\text{H}_2\text{O}_2$  в два раза в условиях барботирования воздухом (1 л/мин) привело к незначительному увеличению относительной скорости.

Экспериментально было показано, что предложенный способ обеспечивает глубокое окисление этиленгликоля в водном растворе. Так, при соотношении ЭГ: $\text{H}_2\text{O}_2 = 1:5$  и барботировании воздухом со скоростью 1 л/мин концентрация общего органического углерода снижается на 93% за 4 часа облучения. Несмотря на частичное разложение пероксида водорода в процессе фотохимической активации, окисление этиленгликоля происходит последовательно с образованием интермедиатов, таких как гликолевая и муравьиная кислоты, деструкции которых способствует кислород.

В результате работы определен оптимальный с точки зрения скорости окисления этиленгликоля и операционных затрат диапазон соотношения концентраций ЭГ: $\text{H}_2\text{O}_2$  (1:3 – 1:5) при барботировании реакционной смеси воздухом со скоростью 1 л/мин для фотохимической генерации высокорекреационных частиц излучением UV-C диапазона.

**Таблица 1. Результаты кинетических экспериментов по окислению этиленгликоля (ЭГ)**

Мольное соотношение ЭГ:H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Концентрация ЭГ, мг/л	Газ	Скорость снижения ТОС, мг/л в час	Относительная скорость снижения ТОС, % в час
1:3	500	–	17	9
1:3	500	О <sub>2</sub> (200 мл/мин)	55	28
1:3	500	Воздух (1 л/мин)	50	26
1:3	500	Воздух (200 мл/мин)	32	17
1:3	250	Воздух (1 л/мин)	32	32
1:5	500	–	43	22
1:5	500	О <sub>2</sub> (200 мл/мин)	64	33
1:5	500	Воздух (1 л/мин)	66	34
1:5	500	Воздух (200 мл/мин)	58	30
1:5	250	Воздух (1 л/мин)	39	40
1:10	500	–	56	29
1:10	500	Воздух (1 л/мин)	64	33
1:15	500	–	56	29
1:25	500	–	45	23
1:100	500	–	28	14

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕКИСНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОМ РАЗЛОЖЕНИИ  
ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИОКСИДА ТИТАНА,  
МОДИФИЦИРОВАННОГО БЛАГОРОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Т.Р. Фазлиев**

**Новосибирский государственный университет,  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
г. Новосибирск, ftr@catalysis.ru  
Научный руководитель: Селищев Д.С., к.х.н.**

*В работе представлены кинетические закономерности образования перекисных соединений при фотокаталитическом разложении воды с использованием диоксида титана, модифицированного Pt или Pd. В ходе экспериментов было исследовано влияние состава газовой фазы (аргон, кислород), а также наличия в воде органического донора электронов (метанол) на содержание перекисных соединений в растворе и на поверхности фотокатализатора. На основании результатов экспериментов в присутствии донора/акцептора электронов показано, что образование перекисных соединений может протекать как по маршруту переноса дырок, так и электронов. Показано, что в бескислородной среде фотокаталитическое разложение воды на Pt(Pd)/TiO<sub>2</sub> приводит к образованию молекулярного водорода и пероксида водорода, который накапливается на поверхности фотокатализатора.*

*This work presents the kinetic dependences of the formation of peroxide compounds during the photocatalytic water splitting using titanium dioxide modified with Pt or Pd. During the experiments, the influence of the composition of the gas phase (argon, oxygen), as well as the presence of an organic electron donor (methanol) in water on the content of peroxide compounds in solution and on the surface of the photocatalyst was investigated. Based on the results of experiments in the presence of an electron donor/acceptor, it is shown that the formation of peroxide compounds can proceed both along the hole transfer route and electrons. It is shown that in an oxygen-free environment, the photocatalytic water splitting with Pt(Pd)/TiO<sub>2</sub> leads to the formation of molecular hydrogen and hydrogen peroxide, which accumulates on the surface of the photocatalyst.*

Фотокаталитическое разложение воды представляется перспективным и экологически чистым способом получения не только молекулярного водорода, который является энергоемким соединением, пригодным для использования во многих типах энергогенерирующих систем, но и других ценных химических продуктов с добавленной стоимостью, например, пероксида водорода.

Для исследования протекания фотокаталитического процесса по маршруту частичного разложения воды с выделением молекулярного H<sub>2</sub>

и  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) был выбран коммерческий диоксид титана  $\text{TiO}_2$  Aeroxide P25 (Evonik Ind., Германия), на который наносили Pt (1 масс.%) или Pd (1 или 0,15 масс.%) методом химического восстановления  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  или  $\text{PdCl}_2$  соответственно. В ходе предварительных экспериментов не наблюдалось накопления газообразного кислорода ( $\text{O}_2$ ), что свидетельствует о протекании процесса по пути образования перекисных соединений. Процесс фоторазложения воды проводили в термостатируемом при  $25\text{ }^\circ\text{C}$  закрытом реакторе, содержащем водную суспензию фотокатализатора (0,5 г/л), под действием излучения УФ-А диапазона (365 нм, 25 мВт/см<sup>2</sup>). Исследовали влияние состава газовой фазы ( $\text{Ar}$ ,  $\text{O}_2$ ), а также присутствия в воде органического донора электронов ( $\text{CH}_3\text{OH}$ , 10 об.%), на содержание перекисных соединений в растворе, которое определяли с использованием ферментативного колориметрического метода.

В ходе фотокаталитических экспериментов для 1%Pt/TiO<sub>2</sub> в отсутствие донора электронов накопления перекисных соединений в жидкой фазе не наблюдается при барботировании как  $\text{O}_2$ , так и  $\text{Ar}$  (Рис. 1а, б). В свою очередь, в экспериментах в присутствии  $\text{CH}_3\text{OH}$  наблюдается наличие перекисных соединений еще до начала облучения, что можно объяснить окислением  $\text{CH}_3\text{OH}$  адсорбированным на поверхности металлических частиц кислородом. Накопления перекисных соединений в этих условиях не происходит, и их концентрация достигает стационарного значения. Можно сделать вывод о том, что образование перекисных соединений на 1%Pt/TiO<sub>2</sub> происходит преимущественно с участием электронных вакансий ( $h^+$ ), так как не наблюдается накопления перекисных соединений при барботировании суспензии фотокатализатора  $\text{O}_2$  в отсутствие донора электронов.

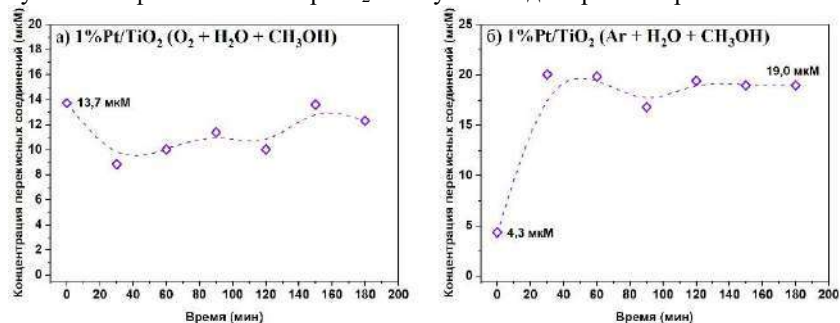


Рис. 1 – Кинетические кривые концентрации перекисных соединений в растворе для 1%Pt/TiO<sub>2</sub> в зависимости от условий эксперимента: а) H<sub>2</sub>O + CH<sub>3</sub>OH, O<sub>2</sub>; б) H<sub>2</sub>O + CH<sub>3</sub>OH, Ar.

При использовании в качестве фотокатализатора 1%Pd/TiO<sub>2</sub> в отсутствие CH<sub>3</sub>OH наблюдается увеличение концентрации перекисных соединений (Рис. 2а, б), причем при барботировании O<sub>2</sub> их количество снижается после 30 минут облучения, достигая стационарного значения. В присутствии CH<sub>3</sub>OH концентрация перекисных соединений увеличивается в бескислородной среде (Рис. 2г), а при барботировании O<sub>2</sub> резкое увеличение их концентрации наблюдается в первые 30 мин облучения с последующим снижением (Рис. 2в). Полученные зависимости можно объяснить установлением адсорбционных равновесий и стационарных концентраций промежуточных продуктов реакции. Высокая концентрация перекисных соединений при барботировании O<sub>2</sub> в сочетании с их образованием в бескислородной среде также указывает на реализацию обоих маршрутов (электронного и дырочного) для 1%Pd/TiO<sub>2</sub>.

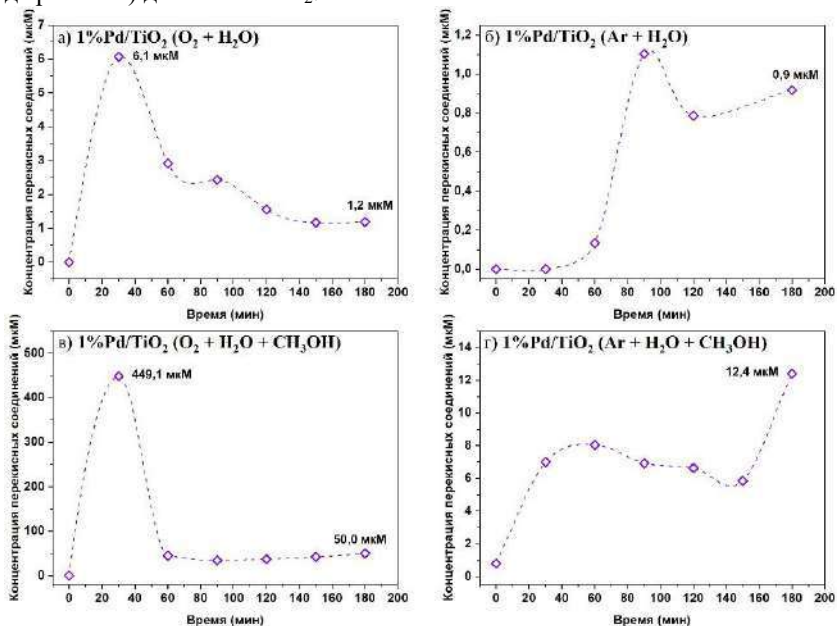


Рис. 2 – Кинетические кривые концентрации перекисных соединений в растворе для 1%Pd/TiO<sub>2</sub> в зависимости от условий эксперимента: а) H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub>; б) H<sub>2</sub>O + Ar; в) H<sub>2</sub>O + CH<sub>3</sub>OH, O<sub>2</sub>; г) H<sub>2</sub>O + CH<sub>3</sub>OH, Ar.

Помимо типа сокатализатора (Pt, Pd) его содержание также влияет на реализацию пути образования перекисных соединений. Так, в случае фотокатализатора с меньшим содержанием Pt (0,15%Pt/TiO<sub>2</sub>)

наблюдается резкое увеличение концентрации перекисных соединений после начала облучения при барботировании  $O_2$  в присутствии  $CH_3OH$  (Рис. 3а). В то же время в бескислородной среде наблюдается их постепенное накопление (Рис. 3б). При фоторазложении воды в присутствии  $O_2$  концентрация перекисных соединений через 4 часа облучения составила лишь 3,4 мкМ, тогда как при барботировании  $Ag$  перекисные соединения в растворе отсутствовали. Эти результаты позволяют заключить, что оба пути образования перекисных соединений реализуются для  $0,15\%Pt/TiO_2$ .

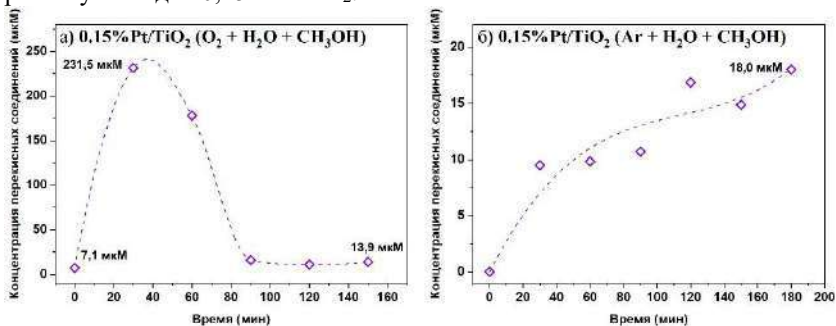


Рис. 3 – Кинетические кривые концентрации перекисных соединений в растворе для  $0,15\%Pt/TiO_2$  в зависимости от условий эксперимента: а)  $H_2O + CH_3OH, O_2$ ; б)  $H_2O + CH_3OH, Ag$ .

Для окончательного подтверждения отсутствия свободных перекисных соединений в растворе при фоторазложении воды был проведен эксперимент с  $1\%Pt/TiO_2$  в бескислородной среде с параллельным определением продуктов в газовой и жидкой фазах. В результате эксперимента перекисные соединения в растворе отсутствовали, как и статистически значимое количество  $O_2$  в газовой фазе, тогда как общее количество выделившегося  $H_2$  составило 8,9 мкмоль. Можно сделать вывод, что образующиеся перекисные соединения прочно сорбируются (хемосорбция) на поверхности  $1\%Pt/TiO_2$ .

В ходе работы было определено, что преобладающий путь образования перекисных соединений для  $TiO_2$  в качестве фотокатализатора определяется природой и количественным содержанием металлического сокатализатора. Также было установлено, что при фотокаталитическом разложении воды в бескислородной среде при участии  $1\%Pt/TiO_2$  происходит образование молекулярного  $H_2$  и  $H_2O_2$ , химически связанного с поверхностью фотокатализатора.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д.А. Худяков, В.В. Ларичкин

Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, GigaDan4ik1999@yandex.ru

*Проанализированы результаты различных исследований влияния углеродных модификаторов, в качестве добавки в рецептуры бетонных смесей, на физические и эксплуатационные свойства строительных материалов. Сделан вывод об их эффективности использования в строительной индустрии.*

*The results of various researches of the influence of carbon modifiers as an additive in the formulation of concrete mixtures on the physical and operational properties of building materials are analysed. The conclusion about their efficiency of their use in the construction industry is made.*

В современном мире рост объёма производства бетонных изделий, а также повышение требований к качеству строительных материалов влекут за собой рост потребления материальных ресурсов (цемента и воды) и энергоресурсов (электричества и пара). В связи с этим, исследование влияния различных модификаторов, способных изменять свойства строительных материалов, является одной из важных задач строительного материаловедения.

В последние годы технические и эксплуатационные характеристики строительных материалов часто улучшают с помощью углеродных модификаторов, которые при малых массах добавки существенно изменяют физические свойства материала. При добавлении в состав бетонной смеси они способны повышать механическую прочность на сжатие и изгиб, пластичность, замедлять первичную схватываемость, уменьшать влагопоглощение, увеличивать морозостойкость, улучшать удобоукладываемость и изменять другие показатели [1].

Перечень используемых добавок достаточно широк. Виды углеродных модификаторов различаются по структуре и составу, в том числе могут быть наноразмерными. На рисунке 1 приведен общий вид современных аллотропных модификаций углерода [2].

Например, в работе [3] показано, что образцы бетона с добавкой углеродного наномодификатора набирают прочность в более ранние сроки, в среднем на 30...40 %, а в проектном возрасте прочность на сжатие и на изгиб на 25...30 % больше, чем в образцах без добавок. При этом концентрация углеродных нанотрубок составляла всего лишь 0,0006 % от массы цемента.

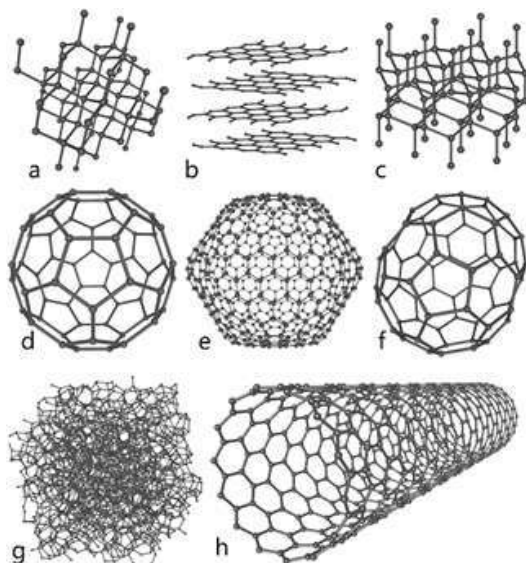


Рис. 1 – Современные аллотропные модификации углерода:  
 а) Алмаз, б) Графит, в) Лонсдейлит, д) С60 (фуллерены), е) С540,  
 ф) С70, г) Аморфный углерод, h) Однослойная углеродная нанотрубка.

Согласно результатам экспериментальных исследований, приведённым в статье [4] при введении наномодифицированной добавки, наблюдается повышение прочности цементного камня традиционного назначения до 70-80 МПа. При этом в работе отмечается, что особую значимость в этой связи имеет аспект применения ультрадисперсноволокнообразных углеродных наноматериалов. В работе отмечается, что неразрешенной проблемой в технологии современных высокопрочных бетонов является их хрупкость (низкая деформативность) и предрасположенность к практически мгновенному разрушению при предельных нагрузках. Поэтому стремление к повышению прочности конструктивных бетонов на сжатие не всегда целесообразно, так как не реализуется одновременно эффект повышения прочности на растяжение и, соответственно, способности воспринимать поперечные деформации от нагрузок при сжатии.

Эффективными с экономической и экологической точек зрения могут оказаться исследования по разработке технологии переработки углеродных отходов различных производств в технический углерод (углеродные модификаторы). Сырьевая база производства технического



углерода - многотоннажные твёрдые отходы угольных электростанций и др.

В работе [5] показано, что введение технического углерода (сажи) в виде водной дисперсии в состав мелкозернистого бетона приводит к повышению прочности образцов при изгибе и сжатии до 50,25% при концентрации сажи 0,005% от массы цемента.

### **Заключение**

Анализ литературных источников показал, что при использовании различных видов углеродных модификаторов в процессе изготовления бетона улучшаются его физические и механические свойства.

Использование углеродных модификаторов необходимо выполнять с осторожностью, так как стремление к увеличению прочности на сжатие может повлечь снижение прочности на растяжение.

Применение углеродных наноматериалов и технического углерода это путь совершенствования и получения новых высокоэффективных строительных материалов.

### **Литература:**

1. Ковальчук В. С, Цыгельнюк Е. Ю. Перспективы применения углеродных материалов для создания тампонажных растворов с улучшенными физико-механическими свойствами // *Neftegaz.RU*, — 2020, — № 2 (98). — С. 46-49.

2. Жмуриков Е. И., Графит в науке и ядерной технике / Е. И. Жмуриков, И.А. Бубненко, В.В. Дрёмов, С.И. Самарин, А. С. Покровский, Д. В. Харьков – Новосибирск, 2013. – 193 с.

3. Жуков, М. О. Исследование возможности применения модификаторов на основе углеродных наноструктур в технологии эффективных строительных материалов / М. О. Жуков, Ю. Н. Толчков, З. А. Михалева. // *Молодой ученый*. — 2012. — № 5 (40). — С. 16-20.

4. Хузин А.Ф., Комплексные добавки на основе углеродных нанотрубок для высокопрочных бетонов ускоренного твердения/ А.Ф. Хузин, П. Г. Комохов, Н. И. Александров // *Строительные материалы и изделия* — Известия КГАСУ №1— 2008. — № 1. — С. 221-226.

5. Яковлев, Г.И. Влияние дисперсий технического углерода на свойства мелкозернистого бетона / Г. И. Яковлев // *Строительные материалы*, — 2018, —. — С. 89-92.

## ПОИСК ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ УТИЛИЗАЦИИ МЕТИЛОВОГО ОРАНЖЕВОГО

**О.Е. Цуцкова, В.В. Гуровский, Н.В. Громов**  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, n.v.gromov@corp.nstu.ru

*В связи с активным развитием промышленности растёт использование красителей на производствах. В результате в водоёмы сбрасывается огромное количество окрашенных сточных вод, что негативно влияет на жизнь водных организмов, людей и животных. Для снижения вредного воздействия сточных вод, содержащих красители, их необходимо очищать перед утилизацией. Проведен литературный анализ существующих методов очистки окрашенных сточных вод, их преимуществ и недостатков.*

*Due to the active development of industry, the use of dyes at production facilities is increasing. As a result, a huge amount of colored wastewater is discharged into water bodies, which negatively affects the life of aquatic organisms, humans and animals. In order to reduce the harmful effects of wastewater containing dyes, it is necessary to treat them before disposal. Literature analysis of existing methods of dyed wastewater treatment, their advantages and disadvantages has been carried out.*

Азокрасители широко используются в различных отраслях промышленности – от текстильной до бумажной. Основными источниками поступления красителей в окружающую среду являются сточные воды текстильной промышленности. Обесцвечивание сточных вод является одной из важных проблем, поскольку краситель наносит вред даже при низкой концентрации. Большинство красителей устойчивы к обычному процессу очистки, поскольку они разработаны таким образом, чтобы противостоять химической и фотохимической деградации [1]. Поэтому вопрос об эффективном удалении красителей из сточных вод является очень важным.

Целью данной работы являлся анализ литературных данных, посвященных процессам удаления красителей в водной среде и исследование обесцвечивания метилового оранжевого (МО) методом озонирования.

Наличие МО в воде даже при низких концентрациях (т.е. около 1 мг/л) может привести к изменению кислотного режима водоёма, ухудшению самоочищения, уменьшению дисперсии кислорода и солнечного света, что часто наносит вред водной среде. Кроме того, ароматические кольца в структуре этой стабильной молекулы являются основной причиной ее мутагенных и канцерогенных свойств. Соответственно, снижение концентраций токсичных загрязняющих веществ в водных растворах

является обязательным для уменьшения их присутствия с целью защиты экосистем и здоровья человека [2].

Для удаления органических и неорганических загрязнителей из воды используются физические, физико–химические, химические и биологические методы. К физическим и физико–химическим методам относятся: адсорбция, мембранная фильтрация, процесс ионного обмена, коагуляция – флокуляция, сонокаталитический процесс. К химическим - окислительные процессы такие как, озонирование и фотокатализ. К биологическим: очистка с помощью бактерий, грибов, водорослей или дрожжей. Перечисленные методы обладают рядом преимуществ, в том числе пригодностью для широкого спектра красителей, простой конструкцией и доступностью. С другой стороны, токсичные побочные продукты, образование осадка, высокие капитальные и эксплуатационные затраты, постоянное техническое обслуживание и ограниченная применимость делают эти технологии малопривлекательными [3]. Однако, современные окислительные процессы, например, озонирование представляет собой эффективный способ очистки сточных вод, содержащих труднорастворимую органику, и рассматривается как одна из перспективных альтернатив для решения проблемы загрязнения сточных вод красителями. Основной принцип таких процессов основан на том, что озон способен разрушать многие виды органических соединений в водных растворах, благодаря своей способности разлагать и генерировать большое количество мощного окислителя - гидроксильных радикалов (-ОН) [2,4]. В связи с этим метод озонирования в последние годы является самым перспективным для очистки окрашенных сточных вод.

В данной работе был проведен литературный анализ, посвящённый методам очистки сточных вод от азокрасителей. Существующие на данный момент методы очистки не дают хороших результатов, так как приводят к образованию вторичных отходов, а также требуют высокие эксплуатационные затраты.

Таким образом, несмотря на то, что исследования метода озонирования ещё не окончены, он уже даёт очень хорошие результаты и в настоящее время является одним из перспективных и эффективных методов очистки окрашенных сточных вод, в том числе, загрязненных метиловым оранжевым.

#### Литература:

1. Decolorization of methyl orange by ozonation in combination with ultrasonic irradiation / H. Zhang, L. Duan, D. Zhang // Journal of Hazardous Materials.-2006.-Vol. B138.-P.1.-doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.05.034.

2. Ozone-assisted Decolorization of Methyl Orange via. Homogeneous and Heterogeneous Photocatalysis / N. A. M. Fadzil1, Z. Zainal1, A. H. Abdullah // International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE.-2012.-Vol. 7.-P. 1-2.

3. Current perspectives, recent advancements, and efficiencies of various dye-containing wastewater treatment technologies / M. D. Khan, A. Singh, M. Z. Khan, S. Tabraiz, J. Sheikh // Journal of Water Process Engineering.-2023.-Vol. 53.-P. 4.- doi: 10.1016/j.jwpe.2023.103579.

4. Degradation of methyl orange by ozone in the presence of ferrous and persulfate ions in a rotating packed bed / D. Ge, Z. Zeng, M. Arowo, H. Zou, J. Chen, L. Shao // Chemosphere.-2016.-Vol. 146.-P. 2.-doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.12.058.

## **ПОЛУЧЕНИЕ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В OxFa-ПРОЦЕССЕ В ПРИСУТСТВИИ РАСТВОРИМЫХ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

**И.А. Черенков, Т.Б. Медведева, И.А. Лукоянов, В.Н. Панченко,  
М.Н. Тимофеева, Н.В. Громов**  
**Новосибирский государственный технический университет,  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
г. Новосибирск**

*В данной работе представлено исследование одностадийного процесса гидролиза-окисления мискантуса сорта Сорановский в муравьиную кислоту в присутствии растворов Mo-V-P ГПК-х (где  $x=1,2,3,4,5,8$ ) катализаторов. Оптимизированы условия процесса в присутствии катализатора ГПК-1. Проведено исследование влияния структуры гетерополианиона (ГПА) на процесс. Показано, что с увеличением количества атомов V в структуре ГПА возрастает селективность к образованию МК. Исследование влияния кислотности растворов ГПК показало, что с уменьшением кислотности катализатора происходит снижение выхода целевого продукта. Максимальный выход МК (68 мас.%) был получен в присутствии катализатора ГПК-3.*

*This work is aimed at the study of one-pot hydrolysis-oxidation process of miscanthus Soranovsky variety into formic acid over Mo-V-P HPA-x (where  $x=1,2,3,4,5,8$ ) catalysts solutions. The conditions of process were optimized in the presence of HPA-1 catalyst. The influence of the heteropolyanion structure on the process has been studied. It has been shown that the selectivity to FA formation increases with the increase in the number of V atoms in the HPA structure. The study of the influence of the acidity of HPA solutions showed that the yield of the target*

*product decreases as the acidity of the catalyst decreases. The maximum yield of FA (68 wt.%) was obtained in the presence of HPA-3 catalyst.*

В настоящее время наблюдается увеличение интереса к исследованиям, направленным на получение муравьиной кислоты (МК). Это целевое соединение широко применяется в сельском хозяйстве для силосования кормов, а также в медицине в качестве антисептического и анальгетического средства, в химической промышленности как эффективный растворитель и пр. Помимо высокой промышленной востребованности недавние исследования показывают, что МК может стать эффективным донором  $H_2$ , что упростит процесс хранения и транспортировки водорода в интересах развития водородной энергетики. Также МК может быть непосредственно использована в топливных элементах [1]. Таким образом, на основе литературных данных можно заключить, что с каждым годом спрос на МК будет только возрастать.

Современные методы получения МК основаны на использовании углеводородного сырья [2]. В связи с этим, актуальным является разработка экологически чистой и доступной технологии производства МК. Растительная возобновляемая биомасса может выступать сырьем для получения МК. Среди перспективных источников для получения МК особо можно отметить мискантус Сорановский, т.к. содержание в его составе целлюлозы достигает 50%. Данное растение может произрастать на бросовых землях, что исключает конфликт пищевого и непищевого использования ценных с/х угодий.

Процесс получения МК из растительной биомассы или её основных компонентов (целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин) в присутствии Mo-V-P гетерополикислотных (ГПК) бифункциональных катализаторов получил название OxFA [3]. Отличительными особенностями такого процесса является широкий диапазон используемого сырья и экологическая чистота. ГПК катализаторы демонстрируют сильную Бренстодовскую кислотность, а также быстрые и обратимые многоэлектронные окислительно-восстановительные превращения. Стоит также отметить, что ГПК каталитические системы относят к катализаторам «зелёной химии».

Целью данной работы является исследование одностадийного процесса гидролиза-окисления мискантуса сорта Сорановский в присутствии растворимых Mo-V-P ГПК катализаторов.

Субстратом в данной работе выступал мискантус сорта Сорановский предварительно измельчали в ножевой мельнице.

Растворы Mo-V-P ГПК катализаторов состава  $H_{3+x}PMo_{12-x}V_xO_{40}$ , (где  $x=1,2,3,4,5,8$  и обозначает количество атомов V в структуре) были

приготовлены путём кипячения фосфорной кислоты и предварительно механоактивированной смеси оксидов  $\text{MoO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

Эксперименты по превращению мискантуса проводились в автоклаве высокого давления (Autoclave Engineers, США) с варьированием давления воздушной среды от 5 до 50 атм, температуры реакции от 130 до 180 °С и при постоянном перемешивании (1000 об/мин). Перед началом и после экспериментов проводился контроль pH реакционных растворов с помощью pH-метра (Анион-4100, Россия). Исследование состава растворов, полученных растворов проводилось методом ВЭЖХ (Shimadzu Prominence LC-20 (Япония), колонка Rezex ROA-Organic Acid  $\text{H}^+$  column (Phenomenex, 300 mm×5.0 mm, США)). Анализ на органический углерод осуществляли на анализаторе общего органического углерода (Analytik Jena, Multi N/C 2100S TOC, Германия).

Приготовленные каталитические системы были исследованы методами ИК, ЭСДО. На спектрах Mo-V-P ГПК обнаружены полосы, относящиеся к колебаниям  $\nu_s(\text{P}-\text{O})$ ,  $\nu_s(\text{Mo}=\text{O}_d)$ ,  $\nu_s(\text{Mo}-\text{O}_b-\text{Mo})$  и  $\nu_s(\text{Mo}-\text{O}_c-\text{Mo})$ . При включении атомов V в состав гетерополианиона (ГПА) происходит смещение и расщепление полосы  $\nu_s(\text{P}-\text{O})$ . Положение полос  $\nu_s(\text{Mo}-\text{O}_b-\text{Mo})$  и  $\nu_s(\text{Mo}-\text{O}_c-\text{Mo})$  зависят от содержания атома V в структуре ГПА. В ЭСДО-спектрах всех материалов наблюдается только один край поглощения. Положение края монотонно смещается в длинноволновую сторону с увеличением отношения V/Mo в гетерополианионе. Кислотность катализаторов исследована с применением метода ИК спектроскопии с использованием пизидина в качестве молекулы-зонда. В спектрах солей ГПК после сорбции пиридина обнаружено наличие полосы  $1540\text{ см}^{-1}$ , которую связывают с бренстедовскими кислотными центрами. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что сила ГПК зависит от содержания атомов V в гетерополианионе. Так, сила  $\text{PMo}_{12-x}\text{V}_x$  снижается с увеличением содержания ванадия от 1 до 4 атомов.

На первом этапе работы были оптимизованы условия процесса в присутствии катализатора ГПК-1. Оптимальными условиями процесса были определены  $T=180^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{возд}}=20\text{ атм}$ ,  $[\text{V}]=40\text{ мМ/л}$ . В оптимальных условиях выход МК составил 59 мас. %.

Далее в оптимизированных для ГПК-1 условиях была проведена серия экспериментов по сравнению эффективности ГПК-х (где  $x=2,3,4,5,8$ ) катализаторов различной структуры. Для определения влияния количества ванадия в структуре катализатора на его эффективность эксперименты проведены таким образом, чтобы исключить влияние кислотности растворов на процесс, а именно

эксперименты проводились при фиксированном начальном значении pH, равном 1,5. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что при увеличении количества атомов V в структуре ГПА происходит увеличение селективности к образованию МК. Так, в присутствии ГПК-1 селективность образования целевого продукта составила 55%, в то время как в присутствии ГПК-8 селективность по МК достигает 79%. В данных условиях наибольшей каталитической активностью обладает ГПК-3 (выход МК – 68 мас.%), содержащий три атома V в структуре.

Изучение влияния кислотности растворов катализаторов проводилось без контроля pH, однако количество вносимого катализатора было таковым, чтобы количество ванадия в реакционной системе было постоянным. Значение pH реакционных смесей находились в диапазоне от 0,6 до 1,6 и увеличивалось при увеличении количества атомов V в составе. В результате проведенных исследований установлено, что каталитическая активность увеличивалась в ряду: ГПК-8 < ГПК-5 < ГПК-4 – ГПК-3 < ГПК-1 < ГПК-2, что коррелирует с данными по кислотности ГПК. Таким образом, увеличение значения pH приводит к уменьшению выхода МК.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) в данном исследовании была продемонстрирована возможность получения МК из растительного недревесного сырья – мискантуса сорта Сорановского;

2) катализаторами процесса выступали растворимые Mo-V-P ГПК-x (где x=1,2,3,4,5,8);

3) проведена оптимизация процесса гидролиза-окисления мискантуса в присутствии ГПК-1 ( $[суб]=10$  г/л,  $[V]=40$  ммоль/л,  $T=180$  °С,  $P_{возд}=20$  атм.);

4) в оптимизированных условиях в присутствии катализатора ГПК-1 выход МК достигал 59 мас.%;

5) исследование влияния структуры гетерополианиона показало, что существует прямая зависимость селективности к образованию МК от количества атомов V в структуре;

6) при изучении влияния кислотности растворов ГПК обнаружено, что выход МК снижается при увеличении значения pH, максимальный выход целевого продукта составил 68 мас.% в условиях с контролем pH и в присутствии катализатора ГПК-3.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №17-73-30032*

Литература:

1. Fukuzumi S., Kobayashi T., Suenobu T. Unusually Large Tunneling Effect on Highly Efficient Generation of Hydrogen and Hydrogen Isotopes in pH-Selective Decomposition of Formic Acid Catalyzed by a Heterodinuclear Iridium–Ruthenium Complex in Water // Journal of the American Chemical Society. – 2010. – Т. 132, № 5. – С. 1496-1497.
2. Hietala J., Vuori A., Johnsson P., Pollari I., Reutemann W., Kieczka H. Formic Acid // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – С. 1-22.
3. Wölfel R., Taccardi N., Bösmann A., Wasserscheid P. Selective catalytic conversion of biobased carbohydrates to formic acid using molecular oxygen // Green Chemistry. – 2011. – Т. 13, № 10. – С. 2759-2763.

**ПОЛУЧЕНИЕ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА  
ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ВЫДЕЛЕННОЙ ИЗ МИСКАНТУСА  
СОРАНОВСКОГО, В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРОВ  
ОКСИДА ЦИРКОНИЯ, ПРОМОТИРОВАННЫХ  
СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ**

**К.С. Черепанова<sup>1,2</sup>, Т.Б. Медведева<sup>1</sup>, А.В. Жужгов<sup>1</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Институт катализа СО РАН,

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, gromov@catalysis.ru

*В данной работе показана возможность получения «молекулы-платформы» 5-гидроксиметилфурфурола из целлюлозы, выделенной из мискантуса сорановского. Была приготовлена серия катализаторов оксида циркония, промотированного серной кислотой, методом СВЧ обработки. Целлюлоза с низким содержанием остаточного лигнина 1 мас.% и степенью кристалличности 44 % была получена методом трехстадийной обработки мискантуса: окислительной делигнификации, щелочной обработкой и механической активацией в планетарной мельнице.*

*Paper demonstrates the possibility of obtaining a platform molecule of 5-hydroxymethylfurfural from cellulose isolated from Miscanthus soranovskii. A series of sulfuric acid-promoted zirconium oxide catalysts were prepared by microwave treatment. Cellulose with a low residual lignin content of 1 wt.% and a degree of crystallinity of 44% was obtained by three-stage processing of miscanthus: oxidative delignification, alkaline treatment and mechanical activation in a planetary mill.*

В настоящее время актуальна разработка технологий каталитической переработки растительной биомассы и ее компонентов в соединения с добавленной стоимостью. Весной 2024 г. несколько тысяч гектаров



Новосибирской области будут засеяны энергетической культурой мискантусом сорановским [1]. Многолетнее травянистое растение мискантус отличается высокой урожайностью, морозоустойчивостью, неприхотливостью к почвам. Кроме того, по сравнению с древесной биомассой, урожай мискантуса можно собирать ежегодно. Из целлюлозы, содержащейся в мискантусе можно получить ряд химических веществ, например, фурановые производные, такие как 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ). 5-ГМФ входит в список «молекул-платформ» (от англ. Platform Molecules) и имеет высокий спрос на рынке в качестве предшественника в самых разных областях: фармакологии, полимерной отрасли, в производстве экологичных высокооктановых топливных добавок. Процесс получения 5-ГМФ из целлюлозы путем опрот гидролиза-дегидратации все еще малоизучен и требует исследования способов предварительной обработки биомассы, а также разработки высокоэффективных катализаторов процесса.

Целью данной работы является изучение одностадийного процесса гидролиза-дегидратации целлюлозы, выделенной из мискантуса сорановского в 5-ГМФ в присутствии каталитических систем оксида циркония, промотированных серной кислотой.

Рассмотренные в работе катализаторы на основе диоксида циркония  $ZrO_2-S$  приготовлены путем СВЧ обработки нитрата цирконила (Acros Organics), пропитанного раствором  $H_2SO_4$ . При приготовлении варьировались параметры температуры (250/ 285/ 320 °С) и времени (0/ 5/ 10 мин) выдержки в СВЧ установке PYRO (Milestone, Франция) после нагрева, а также содержание промотора (1/ 4,5/ 8 мас.% по S) при мощности излучения 1000 Вт.

Приготовленные катализаторы исследованы комплексом физико-химических методов: адсорбция  $N_2$ , РФА, рН суспензии. Согласно полученным данным низкотемпературной адсорбции  $N_2$ , удельная площадь поверхности для всех катализаторов находилась в диапазоне 77-125  $m^2/g$  и возрастала с уменьшением температуры СВЧ обработки. Результаты исследования РФА показали, что все образцы  $ZrO_2-S$  имеют рентгеноаморфную структуру. Поверхностную кислотность оценивали по показателю рН суспензии, диапазон значений которой варьировался от 2,7 до 3,4.

В работе был получен образец целлюлозы ДОМи путем трехстадийной обработки мискантуса сорановского. На первом этапе образец мискантуса был подвергнут окислительной делигнификации в системе « $CH_3COOH-H_2O_2-H_2O-MnSO_4$ » [2]. Условия делигнификации были следующими: Т – 100 °С, гидромодуль – 26, загрузка катализатора  $MnSO_4$  – 1 мас.%, концентрация  $CH_3COOH$  и  $H_2O_2$  – 25 и 6 мас.%,

соответственно. Для уменьшения содержания остаточного лигнина (8 мас.%) и степени кристалличности (80 %) целлюлозный полупродукт был подвергнут слабощелочной обработке с добавлением  $\text{H}_2\text{O}_2$  (концентрация  $\text{NaOH}$  – 1 мас.%, объем  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 12,5 мл) с последующей активацией в планетарной мельнице (Pulverisette, Германия) (40 мин). Полученный образец целлюлозы ДОМи содержал 1 мас. % остаточного лигнина. По данным РФА степень кристалличности образца ДОМи составила 40 %.

ИК-спектры целлюлозных образцов включают полосы в областях 3600-3200, 2900, 1430, 1370 и 890  $\text{см}^{-1}$ , характерные для целлюлозы. По мере проведение стадий химической обработки мискантуса интенсивность полосы в области 1502  $\text{см}^{-1}$ , характеризующей валентные колебания  $\text{C}=\text{C}$  ароматических колец и внеплоскостное колебание  $\text{C}-\text{O}$  арильной группы в остаточном лигнине, существенно снижается. Определен выход моносахаридов в варочном растворе окислительной делигнификации, который составил 20 мас.%. Преимущественно гемицеллюлозы в варочном растворе представлены ксилозой.

Линейка приготовленных катализаторов испытана в одностадийном процессе гидролиза-дегидратации целлюлозы ДОМи. Испытания проводились в автоклаве высокого давления (Autoclave Engineers, USA) при следующих условиях: [субстрат] – 10 г/л, [катализатор] – 0,625 г/л, р (Ar) – 10 атм, Т – 190 °С. Наибольший выход 5-ГМФ 15 мас.% за 7 ч обнаружен в реакции в присутствии катализатора  $\text{ZrO}_2\text{-S-12}$ .

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (№ 22-23-01012).*

#### Литература:

1. В РФ планируют запустить сеть заводов по переработке мискантуса в целлюлозу. – 2023. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/19222945>.
2. Sudakova I. G., Garyntseva N. V., Chudina A. I., Kuznetsov B. N. Experimental and Mathematical Optimization of the Peroxide Delignification of Larch Wood in the Presence of  $\text{MnSO}_4$  Catalyst // Catalysis in Industry. – 2020. – Т. 12, № 3. – С. 265-272.

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ СПОСОБ РАСТВОРЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВИСМУТА В АЗОТНОЙ КИСЛОТЕ

О.Д. Шенна<sup>1</sup>, А.С. Даминов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского  
отделения РАН, г. Новосибирск,

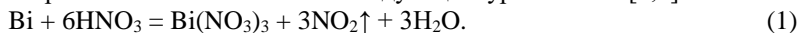
<sup>2</sup>ООО Завод редких металлов, Новосибирская обл., р.п. Кольцово,  
lessheina@gmail.com

Научный руководитель: Юхин Ю.М., д.х.н., профессор

*Проведено сравнение способов растворения металлического висмута в азотной кислоте с получением растворов нитрата висмута. Показано, что для устранения выделяющихся в газовую фазу токсичных оксидов азота может быть использовано предварительное окисление висмута кислородом воздуха до оксида, а также добавление на стадии растворения висмута карбамида или нитрата аммония. Из сравнения данных способов получения растворов нитрата висмута следует, что растворение металлического висмута в присутствии нитрата аммония позволяет устранить выделение в газовую фазу оксидов азота, снизить расход азотной кислоты и получать растворы нитрата висмута с большей концентрацией по висмуту.*

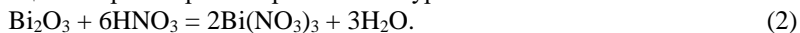
*The methods of dissolving of metallic bismuth in nitric acid with obtaining solutions of bismuth nitrate were compared. It has been shown that pre-oxidation of bismuth with atmospheric oxygen to oxide can be used to eliminate toxic nitrogen oxides which are released into the gas phase, as well as the addition of carbamide or ammonium nitrate at the stage of dissolving bismuth. From a comparison of these methods for obtaining bismuth nitrate solutions, it follows that the dissolution of metallic bismuth in the presence of ammonium nitrate makes it possible to eliminate the release of nitrogen oxides into the gas phase, reduce nitric acid consumption and obtain solutions of bismuth nitrate with a higher bismuth concentration.*

Соединения висмута широко используются при приготовлении катализаторов, оптических стекол, керамики, люминофоров, пигментов, сегнетоэлектрических, акустооптических, фармацевтических, сверхпроводящих и др. материалов [1]. Получают соединения висмута обычно из металла марки Ви1 (не менее 98,0% Vi) путем растворения его гранул в азотной кислоте с концентрацией 7–9 моль/л с последующей гидролитической очисткой висмута на стадии осаждения в виде основного нитрата [1,2]. При этом порядка 50% азотной кислоты выделяется в газовую фазу в виде токсичных оксидов азота, а процесс растворения может быть описан следующим уравнением [2,3]:



Для разрушения оксидов азота, выделяющихся при растворении висмута предложено использовать предварительное его окисление до

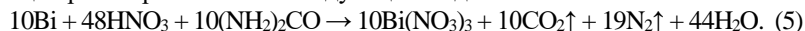
оксида [4], а также добавление на стадии растворения висмута карбамида [3]. Использование в качестве исходного соединения оксида висмута позволяет устранить выделение оксидов азота, поскольку реакция его растворения протекает по уравнению:



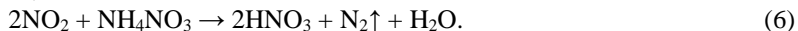
В работе [4] предложено окислять металлический висмут путем предварительного диспергирования металла введением в его расплав при  $(350 \pm 50)^\circ\text{C}$  оксида висмута, перемешиванием смеси в течение 1 ч с последующим повышением температуры процесса до  $(600 \pm 50)^\circ\text{C}$  и перемешиванием в течение 4–6 ч. При этом реакция окисления металлического висмута кислородом воздуха может быть представлена уравнением:



При растворении висмута в азотной кислоте в присутствии карбамида реакция растворения имеет следующий вид:



Известно [5], что взаимодействие оксидов азота с растворами нитрата аммония в азотной кислоте протекает с дефиксацией связанного азота по реакции:



В связи с этим появляется возможность устранять выделение в газовую фазу токсичных оксидов азота в результате растворения металлического висмута в азотной кислоте в присутствии нитрата аммония по реакции:



В таблице приведены данные по растворению в азотной кислоте (14,3 моль/л) оксида висмута и металлического висмута марки Вил (98,1% Вил) без и с добавлением карбамида или нитрата аммония при температуре  $(65 \pm 5)^\circ\text{C}$  в течение 4 ч. Из таблицы видно, что при растворении висмута могут быть получены растворы, содержащие 370–410 г/л висмута, но содержание оксидов азота в газовой фазе составляет при этом 66–69%. В случае растворения технического оксида висмута, полученного в результате окисления висмута кислородом воздуха концентрация висмута в растворе составляет 320 г/л, а содержание оксидов азота в газовой фазе менее 0,01%. Из таблицы также видно, что при растворении висмута в присутствии 5% карбамида концентрация висмута в растворе составляет всего 282 г/л, а содержание оксидов азота в газовой фазе не превышает 0,01%. При этом не растворившийся осадок представляет собой как гранулы висмута, так и висмут нитрат основной.

Растворение металлического висмута в азотной кислоте в присутствии нитрата аммония при молярном отношении нитрата

аммония к висмуту, равном 1,5–3,5, позволяет устранить выделение в газовую фазу оксидов азота. Из данных таблицы видно, что растворение металлического висмута следует проводить при молярном отношении нитрата аммония к висмуту, равном 1,5–3,5. При данном отношении менее 1,5 имеет место выделение в газовую фазу оксидов азота, а при молярном отношении нитрата аммония к висмуту более 3,5 имеет место повышенный расход нитрата аммония без дополнительного эффекта очистки газовой фазы от оксидов азота. Из таблицы также видно, что растворение металлического висмута в азотной кислоте в присутствии нитрата аммония позволяет получать растворы, содержащие 415–447 г/л висмута.

**Таблица 1 – Растворение металлического висмута марки Ви1 и оксида висмута в азотной кислоте**

№ п/п	Условия растворения						Полученный раствор					
	VH2	VHNO	HNO3	Bi, г	NH4NO3	NH4NO	NO2,	V,	Bi,	HNO	R, %	
	О, мл	3, мл	исх., моль/ л		, г	3 Bi	%	мл	г/л	3 равн. моль/ л		
1.	130	70	5,0	70	–	–	–	185	238	0,83	64,1	
2.	115	85	6,1	70	–	–	48,8	183	329	0,85	87,7	
3.	100	100	7,15	80	–	–	66,0	183	372	0,92	86,7	
4.	85	115	8,2	90	–	–	69,2	182	413	1,04	85,1	
5.	100	100	7,15	90*	–	–	<0,01	194	267	0,60	75,4	
6.	100	100	7,15	80**	–	–	<0,01	190	282	0,98	68,3	
7.	100	100	7,15	90	25	0,74	2,8	186	397	0,85	83,6	
8.	100	100	7,15	90	50	1,48	0,02	199	413	0,62	93,1	
9.	100	100	7,15	90	70	2,07	0,01	205	415	0,62	96,4	
10.	100	100	7,15	90	100	2,96	<0,01	215	447	0,60	98,0	
11.	100	100	7,15	90	120	3,55	<0,01	220	441	0,60	98,8	

\* в виде оксида висмута.

\*\* висмут растворяли в присутствии 4,0 г карбамида.

В работе использовали металлический висмут марки Ви1 с массовой долей, в %: висмута – 98,3; свинца – 1,43; серебра –  $5,6 \cdot 10^{-2}$ ; меди –  $9,5 \cdot 10^{-3}$ ; железа –  $6,2 \cdot 10^{-3}$ ; цинка –  $6,4 \cdot 10^{-4}$ ; олова –  $1,0 \cdot 10^{-3}$ ; сурьмы –  $1,6 \cdot 10^{-3}$ , а также оксид висмута квалификации (ч). В лабораторных условиях окисление металла проводили в стакане из нержавеющей стали емкостью 1 л с разовой загрузкой висмута 200 г, оксида висмута 30 г и перемешивании расплава при температуре (350–600)°С в течение 2 ч. Концентрацию висмута в растворе и его содержание в твердых продуктах реакции определяли титрованием раствором комплексона III с

использованием в качестве индикатора ксиленолового оранжевого. Металлический висмут и продукты окисления предварительно растворяли в азотной кислоте с концентрацией 7 моль/л.

Предложенные способы получения растворов нитрата висмута при растворении металлического висмута в азотной кислоте позволяют удалить ядовитые оксиды азота. Присутствие нитрата аммония при наиболее эффективном молярном отношении к висмуту, равному 1,5–3,5, приводит к устранению выделения оксидов азота в газовую фазу и достаточно высокой концентрации висмута в растворе.

Литература:

1. Юхин Ю.М., Михайлов Ю.И. Химия висмутовых соединений и материалов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 360 с.
2. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. – М.: Химия, 1974. – 408 с.
3. Куаньшиева К.З., Кунаев А.М., Лайкин В.К. О растворении свинца, висмута и их сплавов в растворах азотной кислоты // Тр. Ин-та металлургии и обогащения АН Каз.ССР. – 1978. – Т. 53. – С. 68–75.
4. Юхин Ю.М., Мищенко К.В., Даминов А.С. Получение растворов солей висмута с предварительным его окислением // Теоретические основы химической технологии. – 2017. – Т. 51, № 4. – С. 470–477.
5. Терещенко А.Б., Позина М.Б., Башлачева Н.Н. Взаимодействие окислов азота с растворами нитрата аммония // Журн. прикл. хим. – 1969. – Т. 42, вып. 12. – С. 2678–2683.

## **КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ НОСИТЕЛИ, КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ГИДРООЧИСТКИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ**

**Я.Ф. Яанус, Т.С. Романова, К.А. Надеина**  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, [yaana.yaanus@mail.ru](mailto:yaana.yaanus@mail.ru)  
Научный руководитель: Климов О.В., Надеина К.А.

*В настоящей работе рассматривается влияние кремнийсодержащего носителя на активность катализатора. Современный катализатор гидроочистки тяжелых нефтяных фракций представляется в виде NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. С целью увеличения активности данного катализатора исследователи вводят различные модификаторы в состав катализатора. Зачастую модифицирующие агенты вводятся на стадии синтеза носителя. Наиболее распространенным*

модификатором является кремний. Введение кремнийсодержащих компонентов приводит к улучшению физико-химических и каталитических свойств катализатора. Изменения текстурных, кислотных и морфологических свойств катализатора позволяют улучшить его активность в реакциях гидроочистки: гидрообессеривания и гидродезазотирования. Перспективным источником кремния является силикагель. Важнейшими преимуществами силикагеля является его развитая поверхность, пористость, экологичность и простая технология синтеза.

*The present work deals with the influence of silicon-containing carrier on the activity of the catalyst. The modern catalyst for hydrotreating of heavy oil fractions is presented in the form of NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. In order to increase the activity of this catalyst, researchers introduce various modifiers into the catalyst composition. Often modifying agents are introduced at the stage of carrier synthesis. The most common modifier is silicon. Introduction of silicon-containing components leads to improvement of physicochemical and catalytic properties of the catalyst. Changes in textural, acidic and morphological properties of the catalyst allow improving its activity in hydrotreating reactions: hydrodesulfurization and hydrodeazotization. Silica gel is a promising source of silicon. The most important advantages of silica gel are its developed surface, porosity, environmental friendliness and simple synthesis technology*

Необходимость очистки нефтяного сырья от серо-, азот-, кислородсодержащих соединений, олефинов и металлов обусловила создание различных процессов очистки в нефтепереработке. Наиболее эффективными являются процессы в присутствии водорода и катализатора при повышенных температуре и давлении. В настоящее время только эти процессы позволяют получать нефтепродукты, соответствующие современным требованиям по содержанию гетероатомных соединений и непредельных углеводородов в товарных продуктах.

В процессах гидроочистки применяются NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторы, в которые вводят различные добавки. Эти катализаторы гидроочистки, в основном, получают методом пропитки носителя по влагеомкости раствором, содержащим соли активных металлов. Установлено, что активный компонент катализатора NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> представляет собой наночастицы дисульфида Мо, промотированные по краям атомами Ni.

При переработке более тяжёлого сырья с большим содержанием серы, азота и ароматических углеводородов требуется поиск альтернативных каталитических систем. В частности, перспективным является использование кремнийсодержащих носителей. Введение кремния способствует улучшению кислотных и текстурных характеристик носителя и далее катализатора. Кроме того, введение кремния приводит к улучшению активности катализаторов в реакциях удаления серы –

гидрообессеривания и удаления азота – гидродеазотирование. Наиболее используемыми источниками кремния являются цеолиты и алюмосиликаты. В настоящее время перспективной идеей является добавлять силикагель в состав носителя.

Силикагель ( $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) представляет собой обезвоженный гидрогель кремниевой кислоты. Силикагель обладает такими преимуществами, как высокая пористость, экологичность, хорошая термическая стабильность, простая технология приготовления и относительно низкая стоимость.

Синтез алюмооксидного носителя, содержащего силикагель, проводится в несколько этапов:

1. Дозирование и механическое смешение реагентов (реагентами являются псевдобемит  $\text{AlOOH} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , силикагель  $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , азотная кислота  $\text{HNO}_3$  как пептизирующий агент,  $\text{H}_2\text{O}$ );
2. Пластификация формовочной пасты;
3. Экструзия пластичной массы через отверстие фильеры  $d=1,2$  мм в виде трилистника;
4. Термообработка полученных экструдатов:
  - 4.1. Сушка при  $110^\circ\text{C}$  в течение 2 часов;
  - 4.2. Прокаливание при  $550^\circ\text{C}$  в течение 4 часов в токе воздуха.
 При  $550^\circ\text{C}$  происходит фазовое превращение псевдобемита в оксид алюминия (рисунок 1).

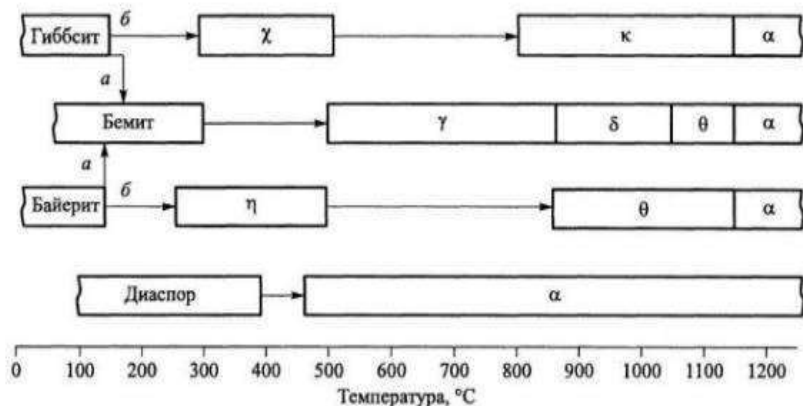


Рис.1 – Последовательность фазовых превращений оксидов алюминия

Носитель для катализатора гидроочистки тяжелых нефтяных фракций должен обеспечить такую структуру пор, чтобы молекулы тяжелого



сырья имели доступ к активному компоненту для превращения. Оптимальный объем пор для катализатора находится в диапазоне от 0,6 до 1 см<sup>3</sup>/г. Кроме того, катализаторы тяжелого сырья должны иметь высокую механическую прочность, которая должна быть >0,8 МПа. Механическая прочность имеет большое значение, поскольку в процессе реакций гидроочистки в реакторе тяжелое сырье может вызвать разрушение гранул, что впоследствии приведет к неравномерному распределению температуры и давления по реактору, а также к неравномерному распределению сырья по гранулам катализатора.

Таким образом, носитель современных катализаторов гидроочистки должен представлять собой прочный высокочистый оксид алюминия с оптимальными кислотно-основными свойствами, имеющий пористую структуру, обеспечивающую максимальное содержание активной фазы в «рабочих» порах и высокую скорость диффузии молекул сырья и продуктов реакций. Введение кремния на стадии синтеза носителя способствует улучшению текстурных и кислотных характеристик носителя и далее катализатора. Перспективным источником кремния является силикагель. Важнейшими преимуществами силикагеля по сравнению с другими источниками кремния является возможность изменения его структуры в процессе его приготовления, относительно низкая стоимость, а также более простая технология приготовления.

#### Литература:

1. Капустин В.М., Рудин М.Г. Химия и технология переработки нефти. – М.: Химия, К20 2013. -496 с.: ил.- (Учебники и учеб. Пособия для студентов средних спец. учеб. заведений).
2. D'yachenko N.A., Karetnikova E.A., Trophimchuk A.K., Sukhan V.V. The analytical possibilities of sorbents based on silica gel. Int. Congr. Anal. Chem. Abstr. Moscow, 1997, p. 54.
3. Rana, M. S.; Maity, S. K.; Ancheyta, J.; Muralidhar, G.; Prasada Rao, T. S. R. MoCo(Ni)/ZrO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> hydrotreating catalysts: physicochemical characterization and activities studies. Appl. Catal., A 2004, 268, 89-97.

**Секция БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

**АНАЛИЗ ТРУДА АВТОМЕХАНИКА В АВТОСЕРВИСЕ МЧС**

**Н.С.Акимов**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, akimov.2020@stud.nstu.ru**

**Научный руководитель: Гуськов А.В., д.т.н., доцент**

*В статье приведены причины потребности в автомеханиках в подразделениях МЧС. Описано рабочее место автомеханика. Выявлены основные неисправности пожарной техники, а также вредные и опасные факторы, влияющие на автомеханика при их ремонте и возможности их устранения.*

*The article presents the reasons for the need for auto mechanics in the departments of the Ministry of Emergency Situations. The workplace of an auto mechanic is described. The main malfunctions of fire equipment, as well as harmful and dangerous factors affecting the mechanic during their repair and the possibility of their elimination have been identified.*

Обращаясь к статистике за 2011 - 2021 годы, в Новосибирской области с каждым годом растет количество пожаров (рисунок 1). В связи с увеличением пожаров возросло и количество пожарной техники, с помощью которых производится доставка боевого расчета и соответственно само тушение пожара [1].

В связи с ростом пожаров и увеличением пожарной техники возрастает вероятность поломки техники и потребность в ее ремонте.

На 2021 год в Новосибирской области в боевом расчёте находятся 117 единиц техники (АЦ) и в резерве 36 единиц техники (АЦ). Используемый автомобиль модели АЦ-40 – пожарная автоцистерна на шасси полноприводного грузового автомобиля ЗИЛ-131 (рисунок 2).

Согласно стандарту [2], АЦ должна проходить систематические техосмотры и ремонты.

Ремонтom и техническим осмотром в автосервисе МЧС занимается автомеханик. Численность автомехаников реагирующих подразделений ФПС Новосибирской области составляет 106 человек.

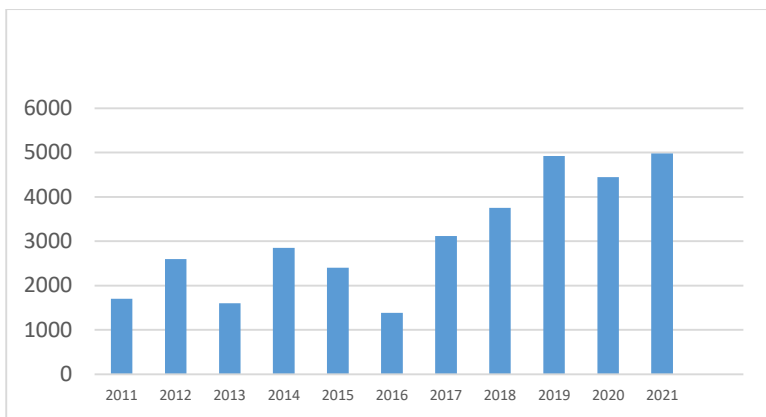
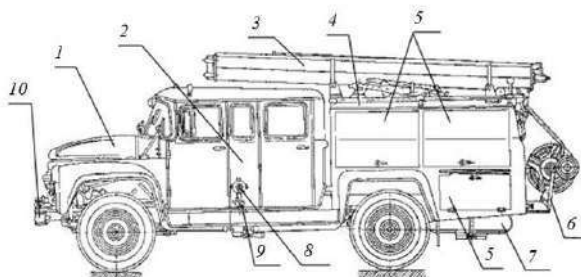


Рис.1 – Статистика пожаров по Новосибирской области за 2011-2021 годы.



1– шасси; 2 – кабина боевого расчета; 3 – всасывающие рукава; 4 – кузов; 5 – отсеки ПТВ; 6 – рукавная катушка; 7 – запасное колесо; 8 – опорный патрубок опорный патрубок; 9 – патрубок для подачи пенообразователя; 10- всасывающий патрубок.

Рис. 2 – Автомобиль модели АЦ-40.

Автомеханик (автослесарь) — рабочий, выполняющий ремонт и техническое обслуживание автомобильного транспорта, а также осуществляющий контроль над техническим состоянием автомобилей с помощью диагностического оборудования и приборов, таких как, например, динамометр, автосканер и т. д. Ранее профессия называлась автослесарь.

Рассмотрим рабочее место автомеханика (рисунок 3) и его соответствие безопасности в пожарной части № 1 МЧС России Новосибирской области, находящейся по адресу: г. Новосибирск, Октябрьская ул., 86.

В пожарной часть расположено 2 пожарные машины АЦ-40. Пожарные машины расположены в помещении, которое специализировано для технического обслуживания пожарных машин. Также данное помещение обеспечивает свободное перемещение боевого расчета пожарной охраны по сигналу тревоги между пожарными машинами, а также между ними и стенами.

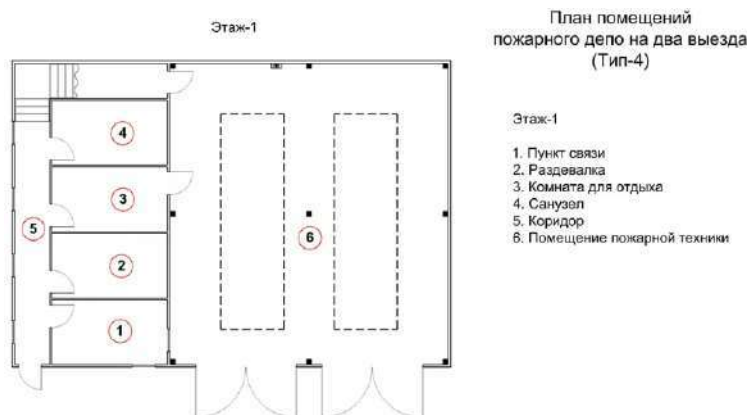


Рис. 3 – Помещение для размещения и технического обслуживания пожарных машин.

Требования по охране труда к таким помещениям прописаны в приказе [3].

Ворота гаража шириной на 1 метр больше ширины автомобиля, находящиеся в помещении, что составляет 3,5 м. Они оснащены ручными запорами и фиксаторами, которые не допускают самопроизвольного закрывания. Верхняя часть ворот гаража оборудована приспособлениями от самопроизвольного выпадения стекол. В гараже организован газоотвод от выхлопных труб. С помощью газоотвода удаляются выхлопной газ от работающих двигателей пожарных машин.

Габариты стоянки пожарных автомобилей обозначены белыми линиями шириной 0,1 м. В гараже предусмотрены упоры для задних колес пожарных автомобилей.

Ширина смотровой ямы составляет 1,1 м. Глубина смотровой ямы составляет 1,4 м. от уровня пола гаража. Смотровые ямы имеют ступеньки для схода в торцевой части и скобы, вмонтированные в стену с противоположной стороны. Для предотвращения падения пожарных автомобилей в смотровую яму, а также для более точного направления их движения вдоль смотровой ямы, установлены железобетонные

реборды высотой 80 мм. Для предотвращения падения людей смотровая яма закрывается съемными решетками из металлических прутьев диаметром 12 мм. Осмотровые канавы в холодное время года обогреваются. В смотровых ямах выполняется техническое обслуживание и периодический ремонт пожарных машин.

К основным неисправностям пожарной техники относятся:

- при открытии какого-либо основного крана через "меню воды" с заднего дисплея происходит постоянное стравливание воздуха с блока распределительных клапанов;

- при опорожнении насоса постоянно течет вода из сливного крана в центре сухотруба;

- при опорожнении насоса постоянно течет вода из сливных кранов;

- невозможно подать раствор воды и пенообразователя;

- шток "FIX-MIX" неподвижен при нажатии лапки, - на патрубке забора пенообразователя имеются отложения пенообразователя, - следы коррозии на алюминиевых полках под патрубком забора пенообразователя, - эмульсия на щупе вакуумного насоса;

- при активации лафетного ствола нажатием зеленой кнопки джостика лафетный ствол не выходит в позицию атаки;

- вздутие или разрыв пенобака.

При устранении неисправностей на автомеханика действуют ряд вредных и опасных производственных физических факторов:

- токсичные, горючие жидкости, смазочные материалы и их испарения;

- выхлопные газы двигателя;

- электрический ток;

- движущиеся части узлов и агрегатов;

- острые кромки деталей, узлов, агрегатов, инструмента и приспособлений.

Профессия автомеханик является вредной и в большей части согласно специальной оценке условий труда (СОУТ) относится к классу условий 3.2: воздействие производственных факторов может вызвать развитие профзаболеваний начальной или легкой степени. Для снижения уровня вредных и опасных факторов, а также для контроля их воздействия, работник должен использовать специальные средства индивидуальной защиты (СИЗ), проходить ежегодные медицинские осмотры, проходить специальные обучения, в том числе по электробезопасности,

инструктажи на рабочем месте и по пожарной безопасности, а также соблюдать требования охраны труда.

Литература:

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие/ Л.М. Клыков, Ю.О. Поляков, Н.С. Белоусова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. -168 с.
2. ГОСТ 34350-2017 Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации Приказ от 11 декабря 2020 г. N 881н «Об утверждении правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны».

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОА РАДОНА В ПОДВАЛЬНЫХ И ЦОКОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ Г. НОВОСИБИРСКА**

**Н.А. Барило**

**Новосибирский государственный технический университет  
г. Новосибирск, zona-pro.22@mail.ru**

**Научный руководитель: Удальцов Е.А. к.в.н. доцент**

*В данной работе рассмотрена проблема повышенного содержания радона в г.Новосибирске. Для выполнения исследований ЭРОА радона применялись приборы радиометрического контроля радона RAMON–01M и новое устройство индикатор радона. Исследовано 18 помещений в 6 разных зданиях. Полученные результаты в соответствии с НРБ-99/2009 сведены в таблицы и сделан вывод о ЭРОА радона. Проведен дозиметрический контроль в помещениях, обнаруженные источники ионизирующего излучения исследованы, получен их изотопный состав. В результате работы установлено, что 16,7% помещений не соответствуют требованиям норм НРБ–99/2009.*

*In this paper, the problem of increased radon content in Novosibirsk is considered. To carry out studies of radon erosion, radon radiometric monitoring devices RAMON–01M and a radon indicator of the developed design were used. 18 rooms in 6 different buildings were selected for measurements. The results obtained in accordance with NRB–99/2009 are tabulated and a conclusion is made about radon EQVA (equivalent equilibrium volumetric activity). Dosimetric control was carried out in the premises, the detected sources of ionizing radiation were investigated, their isotopic composition was obtained. As a result of the work, it was found that 16.7% of the premises do not meet the requirements of the norms of NRB–99/2009, and the developed radon indicator provides the necessary functionality and the ability to detect radon.*

Радон – это радиоактивный газ без запаха, цвета и вкуса, в 7.5 раз тяжелее воздуха, поэтому скапливается в подвальных, цокольных помещениях и первых этажах. Распадаясь, выделяет альфа-частицы, наносящие значительный вред тканям (биологическая эффективность для альфа-частиц равна 20) [1].

Активность радона в зданиях зависит от геологических особенностей местности (содержание природного урана, наличие трещин в породе, водоносных слоев), типа строительных материалов (природное содержание урана, изоляция фундамента), эффективности систем вентиляции. Основные пути поступления радона в помещения: через трещины в перекрытиях и фундаменте, стройматериалы, воду, оборудование газового отопления [1].

Город Новосибирск расположен на массивных верхнепалеозойских гранитных плитах с высоким содержанием природного урана U–238. Уран через радий Ra–226 распадается на радон Ra–222. Ежегодная доза в результате воздействия радона составляет 55,4% от общей годовой дозы, или 2,4 мЗв/ч [2].

Используемые в исследовании приборы. Эталонные измерения проводились радиометром радона и торона RAMON–01M. Данный прибор предназначен для определения эквивалентной равновесной объемной активности радона и торона. Диапазон измерений ЭРОА радона от 4 до  $5 \times 10^5$  Бк/м<sup>3</sup>. Предел допускаемой основной относительной погрешности измерения ЭРОА:  $\pm 15\%$ .

Индикатор радона. Данное устройство основано на методе электростатического осаждения дочерних продуктов распада на электрод, на который подается отрицательное напряжение. Положительно заряженные ДПР в воздухе притягиваются к электроду и осаждаются на нем, продолжая распадаться. Проводится измерение отключенного электрода дозиметром с слюдяным торцевым счетчиком Гейгера-Мюллера. С помощью данного индикатора возможно определение превышения ЭРОА радона в воздухе. Мощность дозы от электрода 0.6 мкЗв/ч соответствует 100 Бк/м<sup>3</sup>, 1.2 мкЗв/ч 200 Бк/м<sup>3</sup> соответственно.

В рамках исследования проведены измерения ЭРОА радона в подвальных и цокольных помещениях административных зданий. Исследования проводились с 5 по 20 октября 2023 года в квадрате улиц: пр. Карла Маркса, Новогодняя, Геодезическая, Космическая, Немировича-Данченко. Всего исследовано 18 помещений. В каждом помещении проведено по три измерения, в результатах приведены средние арифметические значения ЭРОА для каждого помещения. Результаты в соответствии с требованиями СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы

радиационной безопасности (НРБ–99/2009)» разделены на 2 таблицы, для зданий постройки до 2000 года с максимально допустимой ЭРОА радона 200 Бк/м<sup>3</sup>, и постройки после 2000 года с максимально допустимой ЭРОА 100 Бк/м<sup>3</sup> [3].

**Таблица 1 – Результаты измерений в корпусах с нормой ЭРОА радона 100 Бк/м<sup>3</sup>.**

Здание	RAMON-01M, ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup>	Индикатор радона. Мощность дозы электрода, мкЗв/ч	Определение превышения максимально допустимой ЭРОА
1	33	0.18	не превышено
	64	0.39	не превышено
	225	1.38	превышено в 2.1 раза
2	16	0.12	не превышено
	20	0.14	не превышено
	18	0.13	не превышено

**Таблица 2 – Результаты измерений в корпусах с нормой ЭРОА радона 200 Бк/м<sup>3</sup>.**

Здание	RAMON-01M, ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup>	Индикатор радона. Мощность дозы электрода, мкЗв/ч	Определение превышения максимально допустимой ЭРОА
3	42	0.22	не превышено
	50	0.3	
	48	0.29	
4	115	0.9	не превышено
	55	0.33	
	60	0.38	
5	21	0.12	не превышено
	73	0.4	не превышено
	400	2	превышено в 2 раза
6	370	1.9	превышено в 1.9 раза
	60	0.38	не превышено
	57	0.36	не превышено



Кроме того, в процессе измерения ЭРОА радона проводился контроль мощности дозы гамма-излучения, в результате которого были обнаружены два источника ионизирующего излучения. Данные источники были исследованы на изотопный состав с помощью гамма-спектрометра RadiaCode-101 и записаны через программу RadiaCode Scan-Electronics 1.05.10 для работы с прибором.

Первый источник–дымоизвещатель РИД-1. Спектрометрический анализ показал содержание плутония Pu-239 и америция Am-241. Спектр гамма-излучения америция имеет характерные пики излучения с энергиями 26 и 60 кэВ.

Второй источник–это тумблер для электроустановок. В результате спектрометрического анализа установлено, что ИИИ–это светящаяся краска с содержанием солей радия Ra-226. Для спектра радия Ra-226 характерен набор пиков энергий 186 кэВ (Ra-226), 242, 295, 351 кэВ (Pb-214) и 609 кэВ (Bi-214). Радиоактивные изотопы свинца и висмута являются продуктами распада радия.

В ходе исследования установлено, что 16,7% помещений не соответствуют нормам НРБ-99/2009. Для решения данной проблемы рекомендуется установка принудительной приточной вентиляции и недопущение хранения ИИИ с содержанием Ra-226 в помещениях. Тестируемый индикатор радона подтвердил свою эффективность и способность определять превышения норм ЭРОА радона, изготовление данного устройства при наличии дозиметра с слюдяным счетчиком Гейгера-Мюллера является целесообразным. В результате дозиметрического контроля во время проведения исследования обнаружены источники ионизирующего излучения, которые могут представлять опасность для людей.

#### Литература:

1. Л.П. Рихванов. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты. Учебное пособие. – Томск: SST,2009. – 430с.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2021 году».
3. СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7июля 2009 г. № 47 с 1 сентября 2009 г.

## ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

**А.А. Бирюлина**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, biryulina.@corp.nstu.ru**

**Научный руководитель: Гуськов А.В., д.т.н.**

*Организационные основы управления безопасностью включают в себя создание единой структуры управления, определение ответственности и компетенции каждого сотрудника, разработку политики безопасности и формирование системы процедур и инструкций. Эти меры позволяют создать четкую и прозрачную систему управления, где каждый знает свои обязанности и права. Методические основы управления безопасностью включают в себя разработку методик и алгоритмов действий, обучение персонала, анализ рисков и принятие мер по их снижению, а также постоянное улучшение системы безопасности на основе полученных результатов. Целью данных основ является обеспечение эффективности и эффективности деятельности организации.*

*The organizational foundations of security management include the creation of a unified management structure, the definition of responsibility and competence of each employee, the development of a security policy and the formation of a system of procedures and instructions. These measures make it possible to create a clear and transparent management system where everyone knows their duties and rights. The methodological foundations of security management include the development of methods and algorithms of actions, personnel training, risk analysis and measures to reduce them, as well as continuous improvement of the security system based on the results obtained. The purpose of these fundamentals is to ensure the efficiency and effectiveness of the organization.*

Правильное управление безопасностью производственных процессов включает в себя организацию и методику действий, направленных на предотвращение непредвиденных ситуаций и минимизацию потенциальных рисков. Общественный контроль осуществляется в области охраны труда осуществляется профсоюзами и иными уполномоченными работниками представительными органами, которые вправе создавать в этих целях собственные инспекции, а также избирать уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда.

Комитет по охране труда является составной частью системы управления охраной труда организации (СУОТ), а также одной из форм участия работников в управлении организацией в области охраны труда. Основным задачами СУОТ является обеспечение безопасной эксплуатации производственного оборудования, повышение условий

труда; обеспечение работников индивидуальными средствами защиты; обеспечение оптимального режима труда.

Для оптимального режима труда следует отметить организацию режима труда и отдыха на предприятии. Рабочему времени посвящается целая статья Трудового кодекса РФ.

Организация режима труда является одной из ключевых задач для любого сотрудника. Правильный режим труда позволяет сохранять высокую работоспособность, избегать переутомления и поддерживать здоровье на должном уровне. Рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени.

Служба охраны труда является неотъемлемой частью любой организации, она направлена на обеспечение безопасности и здоровья работников. А именно службы охраны труда проводят комплексные оценки рабочих мест, выявляя потенциальные опасности и риски для работников. Они разрабатывают и внедряют меры по их предотвращению, такие как обучение сотрудников правилам безопасности, использование защитного оборудования и регулярные инспекции рабочих мест.

Организационно-методические основы управления безопасностью производственных процессов являются одним из неразрывно связанных аспектов эффективного функционирования предприятий. Правильная организация и методика действий на всех уровнях управления позволяют предотвратить негативные последствия, а также повысить производительность и эффективность работы. Внедрение современных подходов и технологий в управление безопасностью производственных процессов обеспечит стабильный рост предприятия и его конкурентоспособность на рынке.

#### Литература:

1. Алексеева, С. Н. Нормирование труда на предприятиях АПК / С.Н. Алексеева. - М.: Бибком, 2014. - 232 с.
2. Бойчук, Н. И. Организация и нормирование труда. Учебно-методический комплекс / Н.И. Бойчук. - М.: Проспект, 2015. - 216 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕДОСТАТКОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

**Я.М. Заздравных**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, zazdravnyx.2020@stud.nstu.ru**

**Научный руководитель: Белоусова Н.С. старший преподаватель,  
к.т.н.**

*В данной статье представлен обзор и анализ специальной защитной одежды пожарного - важного элемента снаряжения пожарных, предназначенного для обеспечения их безопасности при выполнении служебных обязанностей. Описаны основные компоненты специальной одежды, включая куртки, брюки, боты и шлемы, а также дополнительные элементы, такие как перчатки и маски.*

*This article provides an overview and analysis of firefighter's special protective clothing - an important element of firefighter equipment designed to ensure their safety while on duty. The main components of special clothing are described, including jackets, trousers, boots and helmets, as well as additional elements such as gloves and masks.*

В России каждую минуту происходит пожар, а каждый час при пожаре один человек погибает и один получает травмы. В жилье возникает 76% всех возгораний. И 97-98% всех погибших приходится именно на жилой сектор [3].

Так при анализе статистики пожаров и их последствий:

- В 2018 году произошло 131840 пожаров, в которых погибло 7909 человек и пострадало 9642 человек;
- В 2022 году произошло 352509 пожаров, в которых погибло 7746 человек и пострадало 8140 человек [5].

При сравнении показателей 2018 года и 2022 года, что количество пожаров возросло в 2,7 раз в то время как количество погибших уменьшилось на 163 человека и количество пострадавших так же стало значительно меньше на 1506 человек. Можно сделать вывод, что работы у пожарных значительно стало больше. Несмотря на это они не только ликвидируют пожары, но и делают все что в их силах для того, чтобы спасти как можно больше людей.

Основными причинами из-за которых произошел рост пожаров: неисправность производственного оборудования, нарушение производственного процесса; нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования; нарушение правил устройства и эксплуатации газового оборудования; неосторожное обращение с огнем; самовозгорание веществ и материалов; газовые разряды [5].

Россия находится на первом месте по количеству погибших при пожарах в расчете на 100 тыс. человек населения - 5,8 погибших на 100 тыс. человек. Это выше, чем в странах постсоветского пространства, а также выше, чем в развитых странах, например, США и Германии [3].

Специфической особенностью деятельности работника пожарной спасательной части является то, что существует высокий риск для их жизни из-за различных взрывов, обвалов, ограниченность видимости или её полное отсутствие. При работе в специальной защитной одежде пожарные испытывают большую физическую нагрузку, так же значительно усиливается терморегуляция всего организма в целом, а нервная система находится в напряжении.

В России на сегодняшний день работы по тушению пожаров в основном ведутся вручную, то есть прокладка рукавных линий, работа с пеногенераторами, спасение людей, все это пожарные выполняют в напряженной обстановке. При выполнении данной работы пожарные подвергаются многократным перепадам температур. Так вблизи источника теплового излучения применяются такие средства индивидуальной защиты [1].

В 2012–2021 гг. у личного состава оперативных подразделений МЧС России была зарегистрирована 2471 травма при исполнении служебных обязанностей. Уровень производственного травматизма личного состава МЧС России составил  $(11,57 \pm 0,68) \cdot 10^{-4}$ . В общей группе личного состава МЧС России технические причины определили 2,6% травм с уровнем травматизма  $(0,30 \pm 0,08) \cdot 10^{-4}$ , организационные – 13,9% и  $(1,60 \pm 0,14) \cdot 10^{-4}$ , психофизиологические – 60,5% и  $(6,98 \pm 0,47) \cdot 10^{-4}$ , опасные факторы чрезвычайных ситуаций – 23% и  $(2,68 \pm 0,30) \cdot 10^{-4}$  соответственно [7].

Пожар является основным источником опасности для пожарных. Основной закон о пожарах в России или «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» делит показатели пожара на:

1. Опасные факторы пожара, поражающие людей и предметы: тепловой поток; искры, пламя; высокая температура воздуха; снижение концентрации кислорода; насыщение воздуха токсичными продуктами сгорания; пониженная видимость.

2. Сопутствующие явления: взрывы и их последствия; отдельные конструкции, части, фрагменты разрушенных зданий, сооружений; разрушение технологического и производственного оборудования и загрязнение окружающей среды радиоактивными отравляющими веществами; воздействие веществ, используемых для тушения пожара [2].

Исходя из опасных факторов, которые влияют на пожарного во время его выполнения работы по ликвидации пожара или иных работ, применяется соответствующая защитная одежда.

Специальную защитную одежду подразделяется на: боевую одежду пожарного (специальную защитную одежду общего назначения); специальную защитную одежду пожарного от повышенных тепловых воздействий; специальную защитную одежду пожарного изолирующего типа.

Специальная защитная одежда пожарного от повышенных тепловых воздействий должна изготавливаться из огнестермостойких материалов с металлизированным покрытием и в зависимости от степени тепловой защиты подразделяется на три типа исполнения: тяжелый; полутяжелый; легкий.

Специальная защитная одежда пожарного изолирующего типа подразделяется на одежду, обеспечивающую защиту от агрессивных сред, и одежду, обеспечивающую защиту от ионизирующего излучения [4].

Во время выполнения пожарным интенсивной работы происходит повышение температуры тела. В организме человека включаются естественные процессы терморегуляции: охлаждение организма происходит за счет дыхания и потоотделения с последующим испарением влаги с поверхности тела [6].

Предельно допустимое значение температуры в подкостюмном пространстве боевой одежды пожарного – 50°C [4].

Повышение температуры поверхности тела до 50°C и выше может приводить к возникновению ожога. Как правило, термические ожоги у пожарных имеют местный характер, и основной причиной их получения является снижение теплозащитных свойств боевой одежды пожарного результате ряда факторов:

1) повышенная влажность пакета материалов боевой одежды пожарного, возникающая при внешнем воздействии огнетушащих веществ и внутреннем увлажнении в результате интенсивного потоотделения пожарного во время выполнения тяжелой работы при высоких температурах;

2) уменьшение толщины теплоизолирующего слоя боевой одежды пожарного в результате механического воздействия. Сжатие пакета материалов может происходить при сгибании коленных и локтевых суставов в сидячем положении, под давлением веса дыхательного аппарата на область плеч, слипанию пакета материалов в результате многократных механических и термических воздействий;

3) повышенная теплопроводность светоотражающих лент и логотипов [6].

Можно сделать вывод, что специальная защитная одежда пожарного может не только защитить от вредных факторов, которые возникают при пожаре. Примером таких факторов служит повышенная температура, снижение концентрации кислорода, повышение концентрации опасных веществ, которые являются продуктами горения различных материалов. Также защитная одежда может вызывать негативные последствия для самого пожарного, а именно значительное повышение температуры тела, увеличение физической нагрузки на организм. Также из-за того, что пожарный во время выполнения работы по ликвидации пожара находится в стрессовой обстановке, которая иногда бывает связана с большой ответственностью за спасение людей. Нервную систему также приходится большая нагрузка, что негативно сказывается на весь организм.

Литература:

1. Костенко Т.В., Повышение безопасности и тактических возможностей спасателей при ликвидации пожаров с высоким тепловыделением / Костенко Т.В // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2016. — № . — С. 198-205. [Режим доступа]: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-i-takticheskikh-vozmozhnostey-spasateley-pri-likvidatsii-pozharov-s-vysokim-teplovyydeleniem/viewer>

2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023).

3. В МЧС заявили, что число гибнущих при пожарах в России выше, чем во многих странах // ТАСС [Режим доступа]: <https://tass.ru/obschestvo/13224767>

4. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандратинформ. – 2009. – 37 с

5. В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, О.В. Надточий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России); П.В. Полехин, А.А. Козлов, А.М. Грибанов (ДНПР МЧС России) Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.- аналитич. сб. П 46. - г. Балашиха: 2022. - 80 с. [Режим доступа]: <https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/library/1009?ysclid=loojgr873u753313955>

6. Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, И.Ю. Шарабанова, О.Г. Циркина, Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного //Современные проблемы гражданской защиты . – 2018 – 44-46 с. [Режим доступа]: [https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-temperaturno-vlazhnostnogo-rezhima-podkostyumnogo-prostranstva-na-zaschitnye-svoystva-boevoj-odezhdy-pozharnogo?ysclid=losi0611v2998425719](https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-temperaturno-vlazhnostnogo-rezhima-podkostyumnogo-prostranstva-na-zaschitnye-svoystva-boevoj-odezhdy-pozharnogo)

7. В.И. Евдокимов, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов, Н.А. Панкратов показатели производственного травматизма личного состава оперативных подразделений МЧС России за 10 лет (2012–2021 гг.) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. - 2022. - №2. - 5-21 с. [Решим доступа]: <https://mchsros.elpub.ru/jour/article/view/799/539>

## **ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

**Ю.В. Кузерова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, [kuzerova.2019@stud.nstu.ru](mailto:kuzerova.2019@stud.nstu.ru)**

**Научный руководитель: Поляков Ю.О., к.т.н., доцент**

*В данной статье рассмотрены методы обеспечения безопасности при работе с ионизирующим излучением. Сделаны выводы об их эффективности. Произведен расчёт толщины защитного экрана от рентгеновского излучения.*

*This article considers methods of ensuring safety when working with ionizing radiation. Conclusions about their effectiveness are made. The thickness of the protective shield against X-ray radiation is calculated.*

Рентгенографический метод – это один из самых достоверных методов контроля качества. Данный метод особенно популярен при проверке соединений технологических и магистральных трубопроводов, различного ответственного оборудования во многих сферах промышленности. Известно, что рентгеновское излучение оказывает вредное воздействие на здоровье людей [1]. Следует иметь в виду, что стохастические эффекты облучения, которые имеют вероятностную природу, обнаружить трудно, так как они имеют длительный латентный период, измеряемый десятками лет после облучения. Кроме того, стохастические эффекты не имеют дозового порога.



В радиационном контроле источниками ионизирующего излучения чаще всего являются рентгеновские аппараты (РА). Используют два вида РА: аппараты с постоянным выходом излучения и импульсные рентгеновские аппараты. Аппараты с постоянным выходом излучения в свою очередь выпускают двух типов: 1) аппараты-моноблоки, у которых рентгеновская трубка и трансформатор смонтированы в единые блок-трансформаторы, залитые маслом или заполненные газом; 2) аппараты кабельного типа, состоящие из самостоятельного генераторного устройства, рентгеновской трубки и пульта управления.

Технические характеристики некоторых РА стационарного (Таблица 1) и импульсного (Таблица 2) типов представлены ниже [2].

**Таблица 1 – Технические характеристики стационарных РА**

Аппараты	U, кВ	$i_{\max}$ , мА	Масса, кг	Потребляемая мощность, кВ·А
Моноблоки:				
РУП-160-6П	50-160	6	70	2,0
РУП-400-5-1	250-400	5	600	4,0
Кабельные:				
РУП-150/300-10-1	10-250	10	1000	4,0
РУП-200-20-5	70-200	20	750	4,0

**Таблица 2 – Технические характеристики импульсных РА**

№ п/п	Характеристика	Арина-1	Арина-3	Арина-4	Арина-5
1	Рабочее напряжение на трубке, кВ	150	220	200	250
2	Макс. толщина просвеч. стали, мм	30	50	40	40, 80
3	Диаметр фокусного пятна, мм	2	2	1	2
4	Доза излучения на расст. 0,5 м, мР	0,4	0,8	1,0	
5	Частота следования импульсов, Гц	10	10	-	15
6	Вес излучателя, кг	6,5	5,5	12	7,5

В процессе работы рентгеновские аппараты создают значительную дозу излучения. Следует отметить, что в большинстве импульсных РА

отсутствует возможность регулировки высокого напряжения, а экспозиция определяется временем работы рентгеновской трубки.

Безопасность работы с источниками ионизирующих излучений предполагает научно обоснованную организацию труда [1]: наличие инструкций по обращению с источниками ионизирующего излучения, меры профилактики, дозиметрический контроль, медосмотры, обучение безопасным методам работы. В качестве СИЗ применяют халаты, комбинезоны, плёночную одежду, перчатки, пневмокостюмы, респираторы, противогазы, очки.

К основным техническим средствам и средствам коллективной защиты от ионизирующих излучений, применяемым при радиографическом контроле, относятся стационарные экраны (стены, пол, потолок рабочей камеры), передвижные экраны (защитные кабины, ширмы). Для сооружения стационарных средств защиты используют бетон, баритобетон, кирпич, в передвижных экранах – свинец, сталь, чугун.

В зависимости от технологии радиационного контроля, размеров контролируемых изделий и места расположения участка контроля планировка помещений рентгеновских лабораторий и системы радиационной защиты могут быть различными. Выделяют четыре типовые планировки помещений для лабораторий радиографического контроля: рабочая камера, выгородка, рабочая камера с транспортной системой, рабочая камера с лабиринтным входом (Рис.1) [3].

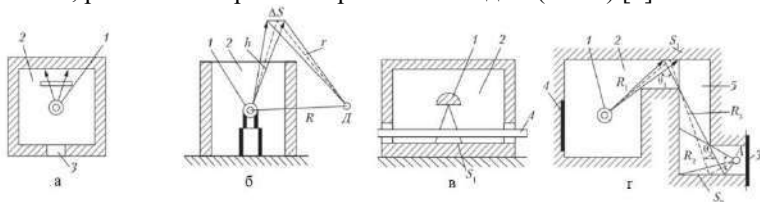


Рис. 1 – Схемы типовых помещений для радиационного контроля:  
 а — рабочая камера; б — выгородка; в — рабочая камера с транспортной системой; г — то же с лабиринтным входом;  
 1 — РА; 2 — рабочая камера; 3 — входная защитная дверь;  
 4 — конвейер; 5 — лабиринт.

Рабочая камера – типовое помещение для проведения неразрушающего контроля. Вход в камеру и подача в неё изделий осуществляется через защитную дверь.

Выгородка – разновидность рабочей камеры без потолочного перекрытия, в которую изделие для просвечивания могут подаваться как через входную защитную дверь, так и с помощью мостового крана через

верхний проём. Выгородки сооружаются в цехах и на открытых площадках.

Рабочие камеры с транспортной системой сооружаются для просвечивания изделий на конвейере. Пучок излучения обычно направляют вертикально вниз. На персонал в этом случае может воздействовать лишь рассеянное излучение.

Рабочие камеры с лабиринтным входом применяют для просвечивания крупногабаритных изделий с использованием источников большой интенсивности излучения. В рабочей камере имеется два входа: один – через лабиринт для персонала и второй – для изделий, подаваемых на просвечивание.

Средства защиты проектируются и изготавливаются в соответствии с ГОСТ 12.4.120-83 "ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования" [4]. Они должны быть устойчивы к механическим, химическим, температурным и атмосферным воздействиям; иметь гладкую поверхность и влагостойкие слабосорбирующие покрытия; обеспечивать радиационную безопасность при пожаре.

Для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины применяются защитные экраны. Толщина экрана зависит от вида и энергии излучения, свойств материала защиты и необходимой кратности ослабления излучения, показывающей, во сколько раз необходимо уменьшить мощность экспозиционной дозы для получения нормативных значений.

Оценим необходимые защитные свойства экрана в самом неблагоприятном случае – прямом излучении рентгеновского аппарата. Для этого применим номограммы [3], полученные на основании экспериментальных данных. Найдем толщину экрана из свинца. Пусть для контроля применен аппарат «РУП-150/300-10-1». Расчет производим на основании необходимого значения коэффициента ослабления [3]:

$$K_1 = \frac{tI}{3R^2} = 0,8,$$

где  $t$  – время облучения в день, 6 ч;  $I$  – сила тока трубки, 10 мА;  $R$  – расстояние между рентгеновской трубкой и рабочим местом, 5 м (длина кабеля пульта управления). По номограмме (Рис.2) находим толщину слоя свинца 7 мм для изготовления защитного экрана.

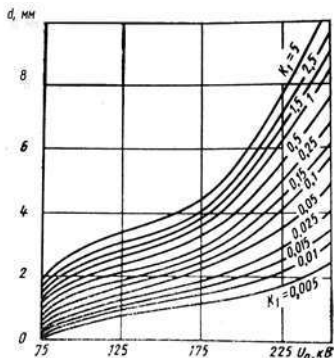


Рис. 2 – Номограмма для расчета толщины защитного экрана из свинца от прямого рентгеновского излучения

Найденное по номограмме значение толщины свинцового защитного экрана обеспечивает снижение дозы излучения на рабочем месте до 1 мЗв в неделю. Допустимая доза облучения для работников категории А должна составлять не более 50 мЗв в год [5].

При проектировании защитного экрана необходимо увеличить толщину защитного экрана на один слой половинного ослабления (для свинца 0,9 мм). Окончательно получим толщину свинцового экрана 7,9 мм.

При определении защитных и геометрических параметров передвижных экранов необходимо учитывать вклад рассеянного рентгеновского излучения от объекта контроля и окружающих элементов металлических конструкций.

Таким образом, наилучшую защиту обеспечивает правильно спроектированное помещение для лаборатории радиографического контроля. В полевых условиях при контроле магистральных газо- и нефтепроводов наиболее эффективны последовательно применяемые меры: защита расстоянием, временем, экранированием. При проектировании экранов оптимально рассчитывать на мощность прямого излучения с учетом влияния рассеянного излучения. При выборе геометрических параметров необходимо учитывать наличие отражающих объектов.

#### Литература:

1. Радоуцкий В. Ю., Партигул Е. О., Янишин В.В. Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ им. Г. Шухова, 2005. – 287 с.

2. Назипов Р.А., Храмов А.С., Зарипова Л.Д. Основы радиационного неразрушающего контроля. Учебно-методическое пособие для студентов физического факультета. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. – 66 с.: ил.

3. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: справочник/С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.: ил.

4. ГОСТ 12.4.120-83. ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования = Occupational safety standards system. Means of the collective protection against ionizing radiation. General technical requirements. – Введ. 01.01.1984. – М.: Издательство стандартов, 1983.

5. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 07.07.2009. Введ. 01.09.2009. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.

## **АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**А.А. Макарова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, makarova.2020@stud.nstu.ru**

**Научный руководитель: Белоусова Н.С., ст. преп., к.т.н.**

*Анализ травматизма позволяет обоснованно разрабатывать мероприятия по устранению причин несчастных случаев на производстве и определять основные направления работы по дальнейшему повышению безопасности и улучшению условий труда.*

*The analysis of injuries makes it possible to reasonably develop measures to eliminate the causes of accidents at work and determine the main directions of work to further improve safety and improve working conditions.*

Главными направлениями работы специалиста по охране труда являются: высокий уровень защиты работника от возможного профессионального риска в процессе выполнения трудовых обязанностей; снижение количества производственных травм и профессиональных заболеваний.

Профессиональный риск — это вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти застрахованного, связанная с исполнением им

обязанностей по трудовому договору и в иных установленных законом случаях [1].

Производственная травма — это внезапное повреждение организма человека, вызванное несчастным случаем (далее НС) на производстве. Производственным травматизмом является повторение таких НС.

По статистике Международной организации труда (МОТ) каждые три минуты в результате НС или профессионального заболевания в мире погибает один человек (это более миллиона работников в год), а каждую секунду четверо работающих получают травму. Эти жертвы превышают количество жертв дорожно-транспортных происшествий, насилия и ВИЧ/СПИД [2]. Общее количество пострадавших от НС на производстве составляет 270 млн. человек в год, еще около 160 млн. человек страдают от заболеваний, связанных с трудовой деятельностью, как отмечает МОТ, на каждый случай со смертельным исходом на производстве регистрируется до 70 тыс. случаев возникновения предпосылок к происшествию. Согласно данным Международной организации труда, в 2019 году в мире было зарегистрировано около 300 тысяч случаев производных травм и заболеваний, связанных со сваркой и родными процессами.

Травмы при работе со сваркой могут происходить достаточно часто, особенно если не соблюдаются правила безопасности. Например, ожоги от искр и брызг расплавленного металла могут произойти в любой момент, когда сварщик не следит за тем, чтобы не допускать попадания искр на кожу или одежду. Также возможны травмы глаз от яркого света дуги, которые могут произойти, если сварщик не использует специальные защитные очки. Для того что бы уберечь работников и выдавать им необходимые СИЗы производится анализ производственного травматизма. В данной работе будут рассмотрены методы анализа производственного травматизма.

Анализ производственного травматизма (ПТ) – это качественное и количественное исследование причин несчастных случаев по видам экономической деятельности, по причинам произошедшего, по количеству дней выбытия из табеля рабочего времени [3].

Для выработки оптимальных профилактических мер работодатель должен иметь количественную информацию о степени производственного риска в своей организации в целях сравнения ее с другими организациями (в том числе с учетом средних данных по группам родственных организаций, отраслей и в государстве в целом), то есть осуществлять количественные исследования, при проведении которых необходимо:

- установить взаимосвязь между частотой и тяжестью несчастных случаев на производстве и общим объемом выполненной работы, количеством работников, выполнявших ее, и числом отработанных человеко-часов;

- определить степень реального производственного риска, достоверность оценки которой достигается, если показатели частоты и тяжести несчастных случаев на производстве получены на основе достаточно большого количества отработанных человеко-часов и других оценочных показателей объема выполняемых работ;

- сравнивать только сопоставимые величины и факты, причем, как правило, в рамках одной профессии (или однородных профессий).

Наиболее важным является проведение исследования непосредственных причин несчастных случаев. Известно и используется пять основных видов качественного анализа несчастных случаев на производстве:

1. Анализ и распределение типов несчастных случаев на производстве.

2. Анализ на основе мониторинга изменений структуры производственного травматизма.

3. Анализ для планирования приоритетных организационно-технических мероприятий по обеспечению безопасности труда.

4. Анализ с целью определения основных причин несчастных случаев на производстве.

5. Углубленный анализ специальных вопросов, связанных с происходящими несчастными случаями на производстве.

На практике для анализа несчастных случаев на производстве применяют два метода статистический и монографический.

1. Статистический метод анализа несчастных случаев на производстве основан на изучении причин травматизма по документам, регистрирующим уже совершившиеся несчастные случаи на производстве. Этот метод позволяет получить сравнительную динамику травматизма в структурных подразделениях и организации в целом.

Разновидностями статистического метода являются групповой и топографический.

Групповой метод анализа производственного травматизма основан на базе повторяемости несчастных случаев независимо от тяжести повреждения. Имеющиеся материалы расследования несчастных случаев на производстве распределяются по группам с целью выявления несчастных случаев одинаковых по обстоятельствам, происшедших при аналогичных условиях, а также повторяющихся, но характеру повреждений.

Этот метод позволяет определить профессии и виды работ, на которые приходится большее число несчастных случаев, выявить дефекты производственного оборудования, машин, механизмов, инструмента, приспособлений и наметить конкретные мероприятия обеспечения безопасности труда.

В целях получения достоверных выводов при распределении производственных травм по признакам (профессия, стаж, возраст, пол, месяц года, день недели, смена, час работы) следует определять интенсивные показатели, характеризующие частоту травматизма. Для определения интенсивных показателей необходимо количество несчастных случаев каждой группы (каждого признака) разделить на среднесписочное число работников этой группы.

Топографический метод анализа производственного травматизма состоит в исследовании причин несчастных случаев по месту их происхождения. Места, в которых были зафиксированы несчастные случаи, систематически наносятся условными знаками на схематические планы структурных подразделений, цехов, участков производства работ, в результате чего наглядно видны рабочие места с повышенной травмоопасностью, требующие особого внимания, тщательного обследования и проведения превентивных мероприятий по профилактике производственного травматизма.

Статистические методы анализа несчастных случаев на производстве предусматривают следующие этапы: наблюдение, накопление статистического материала и обработку полученных данных с последующими выводами и рекомендациями.

Хотя статистические методы исследования несчастных случаев дают возможность получить картину состояния травматизма, установить его динамику, выявить определенные связи и зависимости, однако при этом углубленно не изучаются производственные условия, при которых произошли производственные травмы.

2. Монографический метод анализа производственного травматизма включает в себя детальное исследование всего комплекса условий, при которых произошел несчастный случай: трудовой и технологический Процессы, организация рабочего места, основное и вспомогательное оборудование, обрабатываемые материалы, используемое сырье, индивидуальные средства защиты, производственная среда и т.д. В результате такого анализа выявляются не только причины несчастных случаев, но и потенциальные опасности и вредности. Монографический метод анализа дает возможность наиболее полно установить способы и меры предупреждения производственных травм.



Также существует экономический метод анализа производственного травматизма, он заключается в определении ущерба от несчастного случая, а также оценивает социально-экономический эффект мероприятий по предотвращению производственных травм. При определении учитывается как косвенный, так и прямой ущерб от НС на производстве.

Таким образом, чтобы снизить производственный травматизм на производстве нужно проводить анализ производственного травматизма, который содержит в себе количественное и качественное исследование. На основе результатов анализа несчастных случаев в организации необходимо разрабатывать и осуществлять мероприятия по профилактике производственного травматизма.

Литература:

1. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [Режим доступа]: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19559/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/)

2. Роик, В.Д. Управление условиями и охраной труда: учеб. пособие / В.Д. Роик. – М.: Изд-во РАГС, 2004.

3. Онлайн-журнал по охране труда «ОХРАНАТРУДА RU». [Режим доступа]: <https://ohranatryda.ru/pryntsypy-organizatsyy-ot/metody-analiza-proizvodstvennogo-travmatizma.html>

## **КОМПЕТЕНЦИИ СПЕЦИАЛИСТА ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

**В.А. Милкина**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, [milkina.2020@stud.nstu.ru](mailto:milkina.2020@stud.nstu.ru)**

**Научный руководитель: Гуськов А.В., д.т.н., доцент**

*В данной статье рассматриваются компетенции, необходимые для успешной работы специалиста по охране труда и технике безопасности. В современном мире, где безопасность на рабочем месте становится все более важной, специалисты по охране труда играют ключевую роль в обеспечении безопасности и здоровья работников. Целью исследования является выявление основных компетенций, которыми должен обладать специалист по охране труда и технике безопасности, чтобы эффективно выполнять свои*

обязанности. В работе проводится анализ существующих требований и стандартов в области охраны труда.

*This article discusses the competencies required to be a successful occupational health and safety professional. In today's world where safety in the workplace is becoming increasingly important, occupational health and safety professionals play a key role in ensuring the safety and health of workers. The purpose of the study is to identify the core competencies that an occupational health and safety professional must possess in order to effectively fulfill their responsibilities. The paper analyzes the existing requirements and standards in the field of occupational health and safety.*

Охрана труда и техника безопасности, являются важными аспектами в любой сфере деятельности, где присутствует человеческий фактор. Специалисты по ОТ и ТБ играют ключевую роль в обеспечении условий, при которых безопасность работников находятся на первом месте. Они отвечают за разработку и внедрение мер, направленных на предотвращение производственных травм, заболеваний и инцидентов.

Компетентность (охрана труда) – это способность работника исполнять трудовую функцию с соблюдением требований охраны труда и промышленной безопасности, основанная на личностных характеристиках, необходимых знаниях, умениях, навыках и опыте в сфере охраны труда. [1]

Главная цель компетенций специалиста по ОТ и ТБ заключается в обеспечении безопасности и здоровых условий труда на рабочем месте для предотвращения производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Специалист по ОТ и ТБ должен обладать знаниями и навыками для разработки и внедрения мер по снижению рисков, связанных с работой, а также для контроля за соблюдением норм и правил охраны труда. Кроме того, он должен участвовать в расследовании инцидентов и аварий на производстве, разрабатывать предложения по улучшению условий труда и повышению уровня безопасности на предприятии. [2]

Формирование компетенций специалиста по ОТ и ТБ имеет такие стороны, как исторический, идеологический, физиологический, психологический, воспитательный, эргономический, экономический и социальный. Каждая сторона формирования имеет свое назначение. Но важным аспектом формирования компетенций так же является культура безопасности, которая закладывается с ранних лет.

Культура безопасности – это система ценностей, убеждений, норм и правил поведения, которые определяют отношение людей к вопросам безопасности и влияют на их поведение в ситуациях, связанных с риском для жизни, здоровья и имущества. Она включает в себя понимание важности безопасности, осознание рисков и опасностей, а также

готовность принимать меры для их предотвращения и минимизации. К приобретению основ культуры безопасности можно отнести школьные уроки по безопасности жизнедеятельности, где ученики узнают о различных аспектах безопасности, таких как личная безопасность, безопасность на дорогах, пожарная безопасность и т.д.

Компонентами модели компетенций специалиста по ОТ и ТБ являются обучение, контроль, достижение, забота о работниках, техническая экспертиза, анализ ошибок, сотрудничество, самоконтроль, воздействие и оказание влияния.

Стив Уиддет (почетный магистр наук, дипломированный профессиональный психолог и компаньон Peam Kandola, Oxford) выделяет три ключевых принципа, на основе которых строится вся работа по созданию модели компетенций. Рассмотрим их более подробно:

1. Привлечение к разработке модели людей, которые будут её использовать. Учет взглядов потенциальных пользователей способствует их лучшему отношению к модели компетенций, так как им легче осознать необходимость компетенций на своем участке работы, если они знают, что их отдел или участок внес свой вклад в составление компетенций.

2. Информирование сотрудников. Каждый, кто будет охвачен моделью компетенций, должен, как минимум, знать: почему модель компетенций составляется, как она будет разрабатываться, и как будут использоваться компетенции.

3. Создание релевантных (важных) компетенций. Стандарты поведения, включенные в компетенции, должны подходить всем пользователям, а предполагаемые формы применения должны соответствовать корпоративным интересам. Поэтому важно, чтобы информация, собранная на рабочих местах, отражала целостную картину деятельности фирмы. Язык, описывающий модели компетенций, неизбежно станет общим, если сама модель связана со многими отделами, со многими рабочими функциями и с разнообразными вариантами применения. Важно, чтобы при разработке модели компетенций учитывались представления о будущем. [3]

Компетенции инженера по ОТ и ТБ включают в себя широкий спектр знаний и навыков, необходимых для обеспечения безопасности работников и соблюдения стандартов техники безопасности. Также можно выделить общую структуру компетенций специалиста по ОТ и ТБ:

1. Знание законодательства и нормативных актов

Инженер должен быть ознакомлен с соответствующими национальными и местными законами и нормативами, регулирующими охрану труда и технику безопасности.

## 2. Оценка рисков

Инженер должен уметь проводить анализ рабочих процессов и определять потенциальные опасности и риски для здоровья и безопасности работников. А также умение разрабатывать и реализовывать меры по уменьшению рисков и обеспечению безопасности.

## 3. Разработка и внедрение процедур и политик безопасности

Инженер должен разрабатывать и внедрять процедуры и политики безопасности на рабочих местах, включая инструкции по безопасности и планы эвакуации в соответствии с требованиями законодательства и стандартами.

## 4. Обучение персонала

Инженер должен организовывать обучение и тренинги для персонала по вопросам охраны труда и техники безопасности, а также проверять их знания и навыки, для оценки эффективности обучения и коррекции образовательных программ.

## 5. Мониторинг и аудит безопасности

Инженер должен осуществлять регулярный мониторинг рабочих условий и процессов, проводить аудиты безопасности и анализировать инциденты.

## 6. Работа с оборудованием и средствами защиты

Инженер должен знать, как правильно использовать и обслуживать средства защиты и техническое оборудование для минимизации рисков.

## 7. Коммуникация и координация

Инженер должен обладать навыками эффективной коммуникации с работниками на всех уровнях организации и сотрудничать с другими отделами для обеспечения безопасности.

## 8. Реагирование на чрезвычайные ситуации

Инженер должен знать, как реагировать на чрезвычайные ситуации, включая пожары, аварии и другие чрезвычайные события, и координировать действия для обеспечения безопасности работников.

## 9. Ведение документации

Инженер должен уметь вести документацию о всех мерах, связанных с охраной труда и техникой безопасности, и представлять отчеты о своей деятельности.

## 10. Профессиональное развитие

Инженер должен постоянно обновлять свои знания и навыки, следить за изменениями в законодательстве и стандартах безопасности и

развивать свою карьеру в данной области. Демонстрировать лидерские качества и ответственность в вопросах безопасности персонала.

Также развитие компетенций у специалиста по ТБ и ОТ дает возможность организовывать производственный процесс с минимальным количеством погрешностей, аварий и ошибок, что будет значительно улучшать общий уровень производства и конкурентоспособность предприятия.

В заключении, можно сказать, что компетенции играют важную роль в современном мире. Они обеспечивают способность человека эффективно выполнять свою работу и достигать поставленных целей. Компетенции позволяют не только успешно справляться с профессиональными задачами, но и способствуют развитию личности, ее адаптации к постоянно меняющимся условиям.

В условиях глобализации и быстрого развития технологий, владение разнообразными компетенциями становится все более важным для успешной карьеры и личного развития. Это касается как профессиональных, так и личных навыков, которые позволяют человеку быть конкурентоспособным на рынке труда и успешно преодолевать возникающие трудности.

Таким образом, компетенции являются ключевым фактором успеха в современном мире, и их развитие должно быть приоритетом для каждого человека, желающего достичь успеха в карьере.

#### Литература:

1. Седельников, Г. Е., Компетенции и компетентность персонала в сфере охраны труда и промышленной безопасности. Оценка компетентности [Текст] / Г. Е. Седельников // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. — 2014. — № . — С. 138-143. [Режим доступа]: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-i-kompetentnost-personala-v-sfere-ohrany-truda-i-promyshlennoy-bezopasnosti-otsenka-kompetentnosti>

2. Приказ Минздравсоцразвития России от 17.05.2012 N 559н (ред. от 20.02.2014) "Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел "Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов, осуществляющих работы в области охраны труда" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.06.2012 N 24548). [Режим доступа]: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_131202/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131202/)

3. С. Уиддет, С. Холлифорд, Руководство по компетенциям. Пер. с англ. М.: НИРО, 2003 — 224 с. [Режим доступа]: <https://klex.ru/1ovd>

## ВЛИЯНИЕ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ХРОМИРОВАНИЯ НА РАБОТНИКОВ

Никитаенко Я.А.

Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, nikitaenko.2020@stud.nstu.ru

Научный руководитель: Белоусова Н.С., ст. преподаватель, к.т.н.

*В данной статье будут рассмотрены: процесс гальванического хромирования, влияние хромового ангидрида, хроматов и бихроматов на работника, а также предложены мероприятия, которые помогут улучшить условия труда и его производительность.*

*This article will discuss: the process of electroplating chrome, the effects of chromic anhydride, chromates and bichromates on the worker, and suggest measures to help improve working conditions and productivity.*

Обеспечение безопасности рабочей зоны на промышленных объектах – один из самых важных процессов для устойчивого производственного процесса. Важный критерий любого предприятия – здоровые условия для работников, а для этого необходимо создать комфортные и безопасные условия труда, одним из таких пунктов может быть снижение производственного травматизма. Объект исследования – цех гальванического хромирования. Гальваническое производство играет важную роль в многих отраслях промышленности, таких как автомобильное производство, электроника, ювелирное дело и многие другие. Однако работники в гальванической промышленности подвергаются воздействию различных химических веществ и условий труда, которые могут оказать на них влияние.

Гальванизация – это электрохимический процесс, где участвует электролит, электрический ток, два электрода и обрабатываемая деталь. При этом металлический слой не просто наносится на поверхность, а проникает на молекулярном уровне в основание детали. Для осаждения требуемого металлического покрытия с анода на катод инженеры используют контролируемый электролиз [1].

Технологический процесс гальванического производства состоит из следующих действий.

- подготовка раствора электролита;
- погружение электродов в раствор электролита;
- погружение обрабатываемой детали в раствор электролита с установленными электродами;
- замыкание цепи [2].

В связи с вредностью производства классическое гальваническое хромирование запрещено в ряде европейских стран. Но несмотря на этот недостаток, электролитические хромовые покрытия имеют преимущества перед другими способами упрочнения и восстановления.

Хромирование используют для деталей паросилового оборудования, пароводяной арматуры, клапанов, вентилях патрубков, а также деталей, работающих на износ в агрессивных средах.

Хромовый ангидрид, выделяющийся при хромировании, обладает общетоксическим, канцерогенным, мутагенным и тератогенным действием и представляет высокую опасность как для общей экологии территории, так и для работников цеха [3].

Хроматы и бихроматы оказывают раздражающее и прижигающее действие на кожу и слизистые оболочки, вызывая изъязвления. Хром способен аккумулироваться в организме человека. Под влиянием хроматов и дихроматов может наступить гемолиз и образоваться метгемоглобин. При поступлении соединений хрома через пищевой канал может припухнуть, а затем ожоги слизистых оболочек. После поступления в организм пыли, содержащей соединения хрома, развивается пневмония [4].

Хром угнетает тканевое дыхание (совокупность биохимических реакций, протекающих в клетках живых организмов, в ходе которых происходит окисление углеводов, липидов и аминокислот до углекислого газа и воды, а также образование энергии), приводит к подавлению энергетического обмена в клетках. Токсическое действие хрома коррелирует с его валентностью, с увеличением валентности оно увеличивается [4].

Пары и аэрозоли хромового ангидрида, попадающие от гальванических ванн и вытяжных систем в воздух производственных помещений, являются очень токсичными. ПДК хромового ангидрида в рабочей зоне производственных помещений составляет 0,01 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует первому классу опасности. Для сведения к тому же классу опасности относятся ртуть и свинец (они имеют такое же значение ПДК) [5].

Чтобы обеспечить содержание хромового ангидрида в воздухе на уровне ПДК необходимо определить объемы его выбросов с поверхности гальванической ванны, его концентрацию в воздухе производственного помещения и правильно подобрать кратность воздухообмена на этом участке.

*1 Определение часового объема выбросов с поверхности гальванической ванны в производственном помещении*

Объем выбросов определяется, г/ч

$$M^{3B} = Y_{ТН}^{3B} \times t_T \times 3,6,$$

где  $Y_{ТН}^{3B}$  – удельные выделения (выбросы) загрязняющих веществ, г/с;  
 $t_T$  - процент нахождения ванны под током от общего времени смены, %.

Ванна находится под напряжением 60 % общего времени, а удельные выбросы загрязняющих веществ составляют  $Y_{ТН}^{3B} = 0,00042$  г/с.

*2 Определение концентрации хромового ангидрида в воздухе производственного помещения, г/м<sup>3</sup>:*

$$K_{CrO_3} = \frac{M_{П}^{3B}}{V_{П}},$$

где  $M_{П}^{3B}$  – остаточные содержания вредных веществ, проникающих в воздух помещения через неплотность воздухопроводов и вытяжных устройств, %;

$V_{П}$  – объем производственного помещения, м<sup>3</sup>.

Объем производственного помещения в нашем случае составляет 600 м<sup>3</sup>.

Не все выделяющиеся с поверхности ванны вредные вещества полностью удаляются из производственного помещения в атмосферу. Часть их проникает в воздух помещения через неплотность воздухопроводов и вытяжных устройств, нарушая тем самым экологическую безопасность производства. Примем остаточные содержания вредных веществ 10,5% от общего выделения хромового ангидрида.

Тогда, остаточное содержание вредных веществ, проникающих в течение часа в помещение, составит, г/м<sup>3</sup>:

$$M_{П}^{3B} = \frac{M^{3B} \times 10,5}{100} = \frac{0,091 \times 10,5}{100} = 9,5 \times 10^{-3}.$$

Концентрации хромового ангидрида в воздухе производственного помещения с учетом количества вредных веществ, проникающих в воздух помещения в течение часа, составит, г/м<sup>3</sup>:

$$K_{CrO_3} = \frac{9,555 \times 10^{-3}}{600} = 0,015925 \times 10^{-3}.$$

Концентрация хромового ангидрида в данном производственном помещении превышает ПДК. Следует выполнить следующие мероприятия, которые позволят снизить концентрацию вредных веществ, в частности хромового ангидрида.

- регулярно контролировать содержание вредных веществ в воздухе;
- применять фильтрацию испарений на вытяжных устройствах;
- применять пенообразователи (хромин, хромоксан);
- строго соблюдать технологию осаждения покрытий;
- применять наноструктурные добавки и компоненты для снижения токсичности выбросов и повышения производительности осаждения;



выполнять мероприятия по охране труда на производстве;  
выполнять мероприятия по охране окружающей среды и т. д.

Литература:

1. Вячеславов П. М. Основы гальваники. Л.: Лениздат, 1960. 135 с.
2. Снигур А.С. Канцерогенное воздействие соединений хрома при гальваническом хромировании // Сборник материалов Всероссийской.
3. Снигур А.С. Прогнозирование последствий аварий на линии хромирования гальванического производства // Неделя науки ИСИ сборник материалов всероссийской конференции. В 3 ч.. Том Ч. 3. - СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. - С. 178-180.
4. Пляцук Л.Д., Мельник Е.С. Экологический анализ опасности миграции хромосодержащих отходов гальванопроизводства в биосферу // Общие вопросы промышленной экологии. - 2009. - №4. - С. 33-36.
5. Крупин А. Е., Котелков А. Н., Матвеев В. Ю. Экологическая безопасность и охрана труда на гальваническом производстве // Международный научный журнал «Символ науки». - 2016. - №8. - С. 61-64.

## **АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА НА ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ**

**М.Г. Подхалузина**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, podxalyuzina.2020@stud.nstu.ru**

**Научный руководитель: Гуськов А.В., д.т.н., доцент**

*В статье приведены причины и уровень травматизма на тепловых энергоустановках. В статье проанализировано обеспечение безопасности человеческой деятельности на предприятиях, связанных с тепловой энергией. Проведен краткий анализ состояния травматизма и смертности людей, работающих на энергоустановках.*

*The article presents the causes and level of injuries at thermal power plants. The article analyzes the safety of human activity at enterprises related to thermal energy. A brief analysis of the state of injuries and mortality of people working at power plants was carried out.*

Состояние травматизма на предприятиях, связанных с тепловой энергией, являющейся объектом повышенной опасности, остается высоким.

Анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний на предприятиях теплоэнергетики показывает, что работодатели, должностные лица и специалисты по охране труда недостаточно используют профилактические меры для создания безопасных и безвредных условий труда на рабочих местах, которые могут предотвратить производственный травматизм, несчастные случаи и профессиональную заболеваемость, вызванную условиями труда, а также приостановить и снизить динамику их роста [1].

Динамика травматизма со смертельным исходом за период 2018-2022 гг. приведена на рисунке 1. В 2021 году на энергоустановках, поднадзорных Ростехнадзору организаций, произошло 50 несчастных случаев со смертельным исходом, в т.ч. 2 групповых, и зафиксирована гибель 50 человек, 10% из которых находились в состоянии алкогольного опьянения различной степени. В 2022 году произошло 33 несчастных случая со смертельным исходом, и зафиксирована гибель 33 человек.

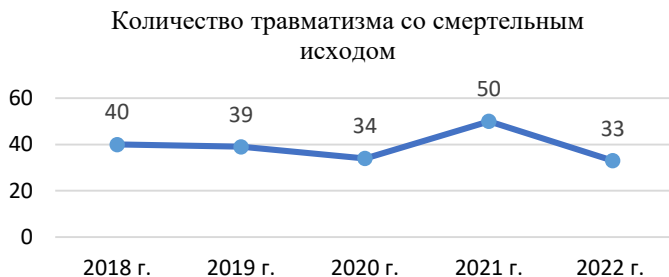


Рисунок 7 – Динамика травматизма со смертельным исходом за 2018-2022 гг.

Статистика за 2021 год значительно отличается от ситуации предыдущих лет и статистики 2022 года и может быть связана с сложностью адаптации работников к трудовому процессу в послепандемийный год.

С точки зрения распределения травматизма по видам объектов надзора (рисунок 2) за период 2018-2022 гг. зафиксирован рост смертельных исходов в электроустановках электрических сетей и станций (генераторы, трансформаторы, ЛЭП и др.) в сравнении с электроустановками потребителей (все электрические установки предприятий до 220 кВ). В 2021 году в электроустановках потребителей

произошло 22 несчастных случая со смертельным исходом (44% от общего количества), в электроустановках электрических сетей и станций – 27 (54%), а на тепловых установках (котлы, тепловые сети) – 1 (2%). В 2022 году в электроустановках потребителей произошло 13 несчастных случаев со смертельным исходом (39% от общего количества), а в электроустановках электрических сетей и станций – 20 (61%) [2].

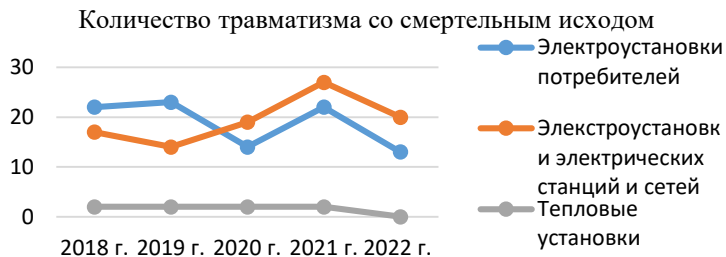


Рисунок 8 – Распределение травматизма по видам объектов Ростехнадзора, произошедших за 2018-2022 гг.

Помимо этой статистики имеются данные на сайте Федеральной службы государственной статистики по поводу травматизма и их причин, которые далее будут проанализированы (рис. 3).



Рисунок 9 – Виды травматизмов на производствах в 2021 г.

Но также рассматривая официальную статистику от Минтруд и Росстат Российской Федерации, для того чтобы у нас была целостная картина того, какова на данный момент в стране обстановка с производственным травматизмом, можно сказать, что данные весьма неблагоприятны, так как травматизм в стране остается на высоком

уровне, однако хоть и видна динамика снижения, но все же остается на предельно высоком уровне, однако стоит подчеркнуть, раз видно снижение, это значит в стране ведется правильная политика в области охраны труда.

По данным Роструда основными причинами несчастных случаев на производстве являются неудовлетворительная организация производства работ и для более лучшей наглядности теперь построим график и на котором мы увидим, как и в каком процентом соотношении что лидирует (рис. 4).

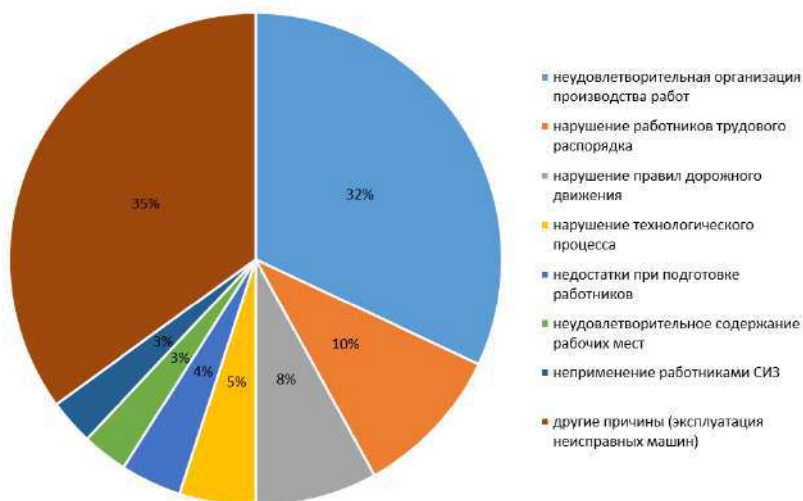


Рисунок 10 – Причины травматизма в 2021 г.

Таким образом, Россия среди других европейских стран пока еще лидирует по числу смертельных случаев на производстве. Основными причинами этого является неудовлетворительная организация производства работ, эксплуатация неисправных машин, а также плохая организация системы безопасности и охраны труда. Но как показывает статистика с 2007 по 2020 гг. Минтруда, количество травм сократилось в два раза, а количество смертей в три раза [3].

Литература:

1. Русинов С. В., Беляев А. Н. Анализ травматизма в теплоэнергетической отрасли //Научный электронный журнал Меридиан. – 2020. – №. 9. – С. 15-17.
2. Анализ травматизма с летальным исходом на поднадзорных Ростехнадзору энергетических объектах за 2021 и 2022 год и формирование рекомендаций по его снижению // Ростехнадзор: сайт. – URL: [http://szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc\\_sluch/](http://szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/) (дата обращения: 07.11.2023)
3. Киселева В.В. Статистика производственного травматизма в России за 2002-2021 годы //Форум молодых исследователей. – 2022. – С. 303-308.

## **АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ РЕМОНТЕ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**А.А. Рыбакова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, [rybakova.2020@stud.nstu.ru](mailto:rybakova.2020@stud.nstu.ru)**

**Научный руководитель: Поляков Ю.О., доцент, к.т.н.**

*В данной статье проведен анализ производственного травматизма при ремонте карьерных экскаваторов, разработаны мероприятия, которые направлены на снижение производственного травматизма и предложены рекомендации по улучшению работы охраны труда на предприятиях. Целью исследования является анализ наиболее частых причин производственного травматизма, связанных с ремонтными работами экскаваторов, и, в связи с этим, предложение комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасности работников при выполнении ремонтных работ.*

*This article analyzes occupational injuries during the repair of quarry excavators, develops measures aimed at reducing occupational injuries and offers recommendations for improving the work of occupational safety at enterprises. The purpose of the study is to consider the most common causes of industrial injuries associated with the repair work of excavators and, in this regard, to propose a set of measures aimed at ensuring the safety of workers during repair work.*

Ведение ремонтных работ различного рода сопровождается воздействием на людей ряда опасных и вредных факторов, которые приводят к травматизму, заболеванию работающих и иногда к летальным исходам.

Ремонт экскаваторов – это сложный технологический процесс, требующий высокой концентрации и ответственности персонала.

В настоящее время техническое обслуживание карьерных экскаваторов проводится по классической системе планово-предупредительных ремонтов (ППР). Эта система заключается в проведении через определенный промежуток времени текущих, средних и капитальных ремонтов. Поскольку реальное техническое состояние постоянно стареющего эксплуатируемого экскаваторного оборудования достаточно низкое, а периодичность проведения ремонтов не только не укорачивается, но и в большинстве случаев только увеличивается, достаточно часто происходят разрушения деталей и возникает необходимость в проведении внеочередных аварийных ремонтных работ [1].

Аварийный ремонт – неплановый ремонт, выполняемый при внезапных поломках оборудования, вызванных нарушением условий эксплуатации, перегрузками или другими причинами, для восстановления работоспособности объекта [2].

В случае аварийного ремонта экскаватора машинист производит осмотр и выявляет причину поломки, если поломка незначительная, то машинист подручными средствами производит ремонт. Если же произошла серьезная авария и машинист не в силах с ней справиться, он сообщает о поломке экскаватора своему непосредственному начальству, далее к нему направляют бригаду рабочих, которая производит демонтаж.

Плановый ремонт – ремонт, постановка на который планируется в соответствии с требованиями документации. Постановка на ремонт означает вывод объекта из эксплуатации и передачу его ремонтному персоналу (предприятию) [2].

На основе анализа материалов расследования несчастных случаев при ремонте и техническом обслуживании горного оборудования [3], можно утверждать, что основной причиной травмирования работников являются несогласованность действий работающего персонала, недостаточный уровень квалификации работников, нарушения трудовой дисциплины, халатное отношение к трудовым обязанностям, пренебрежение средствами коллективной и индивидуальной защиты, нарушения техники безопасности при ведении ремонтных работ, нарушение технологического процесса, недостатки в подготовке работников по охране труда, нарушение требований охраны труда при эксплуатации оборудования.

Самые частые виды происшествий при ремонте карьерных экскаваторов:

- падение с высоты;
- зажатие между предметами;
- травмы от падения предметов;
- падение на ровной поверхности;
- удар электрическим током;
- прочее.

Процентное соотношение причин несчастных случаев приведено на рисунке 1.

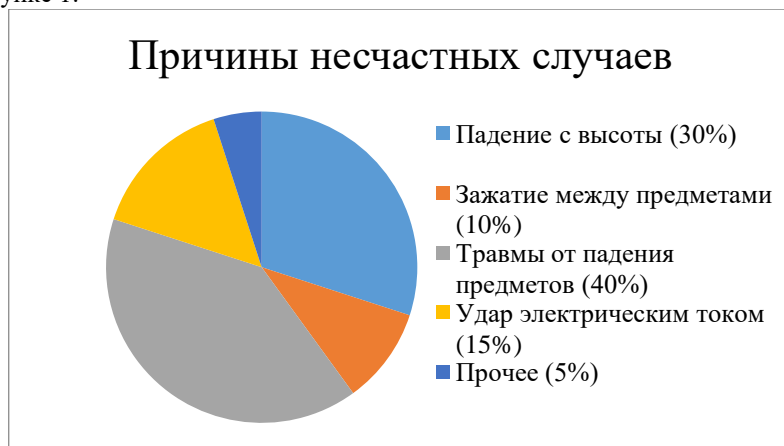


Рис. 11 – Статистика несчастных случаев.

Для снижения производственного травматизма необходимо проводить следующие мероприятия:

- проведение обучения по ОТ и соответствующих инструктажей;
- осуществлять проведение на рабочих местах выборочных проверок знаний правил ОТ и действующих инструкций у рабочих;
- проводить целевые проверки ведения работ в опасных зонах;
- контроль за обязательными применениями работниками СИЗ;
- обучение оказанию первой помощи пострадавшим;
- приобретение аптек для оказания первой помощи пострадавшим на производстве.

Кроме того, был проведен анализ продолжительности периода, прошедшего с момента проверки знаний по охране труда до момента несчастного случая, который позволяет сделать вывод о необходимости совершенствования подходов к обучению работников по охране труда

[3]. На рисунке 2 приведена статистика уровня травматизма с момента проверки знаний по ОТ, представлены данные за 2021 г.



Рис. 12 – Статистика уровня травматизма с момента проверки знаний по ОТ.

Максимальный уровень смертельного травматизма фиксируется спустя 1-3 месяца, прошедших с момента проверки знаний по ОТ, на диаграмме представлены данные за 2021 г.

Исходя из статистики можно сделать вывод о недостаточном уровне остаточных знаний, что является показателем организации обучения по охране труда.

Многие риски, принимаемые персоналом российских предприятий, не были бы приемлемыми для персонала в других странах. Те риски и аварийные ситуации, которые они когда то считали приемлемыми, теперь неприемлемы. Причина в том, что многие иностранные горнодобывающие компании внедрили политику, согласно которой всякий несчастный случай, вызывающий потерю трудоспособности, является неприемлемым, а также в том, что работники стали более информированы по вопросам охраны труда и вовлечены в обеспечение безопасности труда.

В связи с этим, выдвигаются рекомендации по улучшению работы охраны труда:

- разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
- приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей



по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ;

- организация и проведение производственного контроля;
- издание (тиражирование) инструкций по охране труда;
- устройство новых или модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов, способствующих возникновению травматизма и несчастных случаев.

Таким образом, следует отметить, что снижение уровня травматизма при выполнении ремонтных работ карьерных экскаваторов является важной задачей для охраны труда. Решение этой задачи вполне осуществимо за счет разработки мер по предупреждению аварий, например применением неразрушающего контроля [4]. Меры предупреждения травматизма и несчастных случаев должны сводиться к устранению способствующих причин их возникновения. На предприятиях необходимо проводить тщательное расследование каждого случая травматизма с выявлением причин и принятием комплекса мер по их устранению, а так же своевременное проведение внеплановых инструктажей.

#### Литература:

1. Грабский А.А., Сергеев В.Ю., Грабская Е.П. Обоснование выбора стратегии технического обслуживания и ремонтов карьерных экскаваторов// Уголь. 2021. №2. С. 14-17.
2. Система технического обслуживания и ремонта техники. ГОСТ 18322-2016
3. Кондратьева О.Е., Локтионов О.А., Васильева Н.В., Мирошниченко Д.А., Ефремова А.С. Производственный травматизм: анализ основных причин и перспектив снижения// Безопасность труда в промышленности. 2023. №8. С. 40-46.
4. Поляков Ю. О. Неразрушающий контроль и диагностика : учебное пособие / Ю. О. Поляков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2023. - 108, [1] с.: ил.

## **СНИЖЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ТОКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**А.В. Сеницин**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, a.sinicin.2020@stud.nstu.ru  
Научный руководитель: Виноградов А.В., ст. преп.**

*В статье представлены: мероприятия по снижению профессионального риска; вредные и опасные факторы, которые воздействует на работника токарного производства; средства индивидуальной и коллективной защиты, снижающие травматизм и воздействие вредных факторов.*

*The article presents: measures to reduce occupational risk; harmful and dangerous factors that affect the worker of turning production; means of individual and collective protection that reduce injuries and the impact of harmful factors.*

В настоящее время создается все больше и больше промышленных предприятия, в которых возможно превышение допустимых профессиональных рисков. Безусловно, на данный момент уже разработано и отлажено множество правил и систем охраны труда, однако прогресс не стоит на месте. С увеличением энергоемкости технологических процессов, увеличивается и профессиональный риск. Профессиональный риск – это вероятность причинения вреда жизни и здоровью рабочих. Для снижения профессиональных рисков разрабатываются современные технические средства, позволяющие снизить риск до допустимого [1].

Снижение профессионального риска является одной из главных задач работодателя.

Ряд мероприятий по снижению профессионального риска, утвержденных государством РФ: выявление, анализ и оценка профессиональных рисков; разработка планов (программ) мероприятий по обеспечению безопасных условий и охраны труда; организация проведения предварительных при приеме на работу и периодических медосмотров, других обязательных медосмотров (освидетельствований); реализация технических методов ограничения воздействия опасностей на работника; координация и контроль обеспечения работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ), а также их хранения, оценки состояния и исправности; выработка мер по лечебно-профилактическому обслуживанию и поддержанию требований по санитарно-бытовому обслуживанию работников в соответствии с требованиями нормативных документов [2].

Важнейшей составной частью оценки профессиональных рисков являются методы идентификации опасностей:

- анализ документированной информации об опасностях, результатах их контактного воздействия на организм человека;

- прямое наблюдение за опасностями в местах их идентификации, включая инструментальные измерения, исследования и/или визуальные наблюдения и использование их данных;

- прогнозирование возможных сценариев возникновения и развития опасной ситуации на местах идентификации, в том числе на различных этапах выполнения работ [3].

При работе на токарном участке, рабочий подвергается вредным и опасным факторам: физическим, химическим, биологическим и психофизиологическим факторам.

Самую большую опасность травматизма представляют опасные физические факторы. Современные исследования приводят следующую статистику:

- движущиеся и вращающиеся части станков (вращение шпинделя, движение суппорта, патрона и т.д.): травмирование пальцев или кисти рук. Подобные травмы составляют около 60% от общего числа травм при работе на токарном станке;

- заготовки и готовые изделия: травмы наносятся вследствие того, что заготовку вырывает из приспособления, закрепляющего ее, а также при установке и съеме заготовки со станка вручную. Этот вид травм случается относительно редко, составляет около 7% от общего числа травм на токарном производстве;

- стружка и осколки инструментов: отлетающая стружка может нанести серьезные травмы глаз. Такие травмы составляют приблизительно 15% от общего числа травм;

- нагретые поверхности оборудования, инструмента, заготовок. Около 6% общего числа травм;

- высокое напряжение в силовой электрической сети и статическое электричество: случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением; замыкание провода на землю и возникновение шагового напряжения на поверхности земли или основания, на котором находится человек. На такие травмы приходится приблизительно 10% от общего числа травм;

- возможность возникновения пожаров: обуславливается наличием на объекте горючего вещества, окислителя и источника воспламенения, составляет около 1% от всех травм.

Также 1% приходится на прочие случаи травматизма [4].

По остальным вредным и опасным факторам статистических данных найти не удалось, однако они также могут воздействовать на работника во время работы.

Вредные физические факторы:

- высокие влажность и скорость движения воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная температура;
- нетоксичная пыль (при ежедневном вдыхании могут появиться проблемы с легкими, так как мелкодисперсная пыль оседает в легких и сокращает легочный объем);
- повышенные уровни шума и вибрации (снижают производительность труда, маскируют опасность от движущихся механизмов, могут привести к профессиональной тугоухости; возникновение вибрационной болезни);
- нерациональное освещение зоны обработки.

Вредными химическими факторами на токарном производстве являются:

- токсичная пыль;
- вредные пары и газы, аэрозоли.

Вредные психофизиологические факторы чаще всего возникают при невыполнении эргономических требований. К таким факторам относятся:

- физические перегрузки при установке, закреплении и снятии крупногабаритных изделий;
- перенапряжение зрения;
- статические нагрузки (в результате длительного стояния развивается выраженное расширение вен на ногах, осложненное воспалительными или трофическими расстройствами);
- монотонность труда.

В ряде статей упоминается возможность присутствия биологической опасности от смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Опасность исходит от микроорганизмов, которые могут находиться в отработанной СОЖ. Такими микроорганизмами являются аэробные и анаэробные бактерии, а также грибки, некоторые из которых могут привести к различным заболеваниям. Подтвержденных случаев причинения вреда здоровью от этого фактора найти не удалось.

Существуют технические и организационные мероприятия, позволяющие снизить воздействие вредных и опасных факторов на рабочих до допустимых.

Технические мероприятия:

- зона обработки заготовок на токарных станках должна иметь защитный экран или защитный кожух, с блокированным пуском станка.

Блокированный пуск станка позволит избежать незапланированного включения оборудования, которое может привести к травмам конечностей.

- использование защитных ограждений для патрона, причем ширина ограждения должна перекрывать всю длину и диаметр патрона. Передний край ограждения должен быть не ниже оси вращения устройства зажима заготовки. Защитные ограждение исключат доступ рабочего к вращающимся и движущимся частям токарного станка;

- использование заднего защитного ограждения для сбора СОЖ и стружки сзади работающего станка и направления их в зону сбора. Такое мероприятие носит рекомендательный характер, применяется по мере необходимости;

- использование переднего защитного ограждения, которое обеспечивает предотвращение прямого выброса СОЖ и стружки в сторону оператора и доступ оператора в рабочую зону с этой позиции;

- использование средств индивидуальной защиты: защитные очки; противошумовые наушники или беруши; обувь (изготавливается из прорезиненных материалов или кожи); перчатки (трикотаж и ПВХ); комбинезон или штаны и куртка (изготавливаются из влагостойкого материала с хорошей вентиляцией тела). Перечисленные СИЗ позволяют снизить воздействие от шумов, вибраций;[5].

Организационные мероприятия:

- обучение работников безопасным приемам;
- подготовка рабочего места;
- надзор во время работы;
- организация рационального режима труда и отдыха;
- проведение периодических медицинских осмотров.

На основании приведенных статистических данных, можно сделать вывод, что наибольший профессиональный риск исходит от опасных вредных факторов: движущиеся и вращающиеся части станка, стружка и осколки инструментов, в сумме они составляют 75% от общего числа травм при работе на токарном станке. Наиболее подходящими мероприятиями по снижению воздействия этих факторов будут являться: использование защитных ограждений, что предотвратит прямой доступ рабочего к режущему инструменту и движущимся частям станка, а также использование СИЗ и обучение работников безопасным приемам работы.

Литература:

1. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на

производстве и профессиональных заболеваний» [Режим доступа]: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19559/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/)

2. Приказ Минтруда РФ от 28.12.2021 г. N 926 «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» [Режим доступа]: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1oo676e2gb205453634#h410>

3. ГОСТ 12.0.230.4-2018. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ введен в действие Приказом Росстандарта от 07.09.2018 N 577-ст дата введения установлена 1 июня 2019 года. [Режим доступа] - <https://gk-trud.ru/docs/gost-12-0-230-4-2018.pdf>

4. Филипов А.Н. Идентификация опасностей, вредных и опасных факторов на рабочем месте токаря // Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. пос. Персиановский: Изд-во ДГАУ, 2021. – С. 229-233.

5. ГОСТ Р 59209-2020 Металлорежущие станки. Безопасность. Станки токарные. = Machine tools. Safety. Turning machines. – Введ. 2021-09-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 18 с.

## **ПРОЦЕСС РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ АО «АРСЕЛОРМИТТАЛ»**

**Д.А. Семенова**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, [semenova.2020@stud.nstu.ru](mailto:semenova.2020@stud.nstu.ru)**

**Научный руководитель: Гуськов А.В., д.т.н., доцент**

*В данной статье рассматриваются несчастные случаи на производстве АО «АрселорМиттал» во всех странах, порядок проведения расследований несчастных случаев. Описан процесс расследования инцидентов, рассмотрены действия направлены на предотвращения повторения инцидентов.*

*This article deals with industrial accidents at AO «ArcelorMittal» in all countries, the procedure of accident investigation. The process of incident investigation is described, and actions to prevent the recurrence of incidents are considered.*

Компания "АрселорМиттал" является мировым лидером по производству стали и занимает ведущие позиции на основных металлургических рынках мира, включая такие отрасли как автомобилестроение, строительство, производство бытовой техники и упаковки. Также компания обладает крупными запасами сырья и эффективной системой сбыта. Компания "АрселорМиттал", штат которой насчитывает более 222 тыс. сотрудников, имеет представительства в 60 странах мира. [1]

Горнодобывающая отрасль является основой развития компании "АрселорМиттал". В настоящее время ведется добыча руды в таких странах, как Алжир, Босния и Герцеговина, Бразилия, Канада, Казахстан, Либерия, Мексика, Украина и США. В планах – развитие горнодобывающих предприятий в Австралии, Мавритании, Мозамбике, Сенегале и Южной Африке.[1]

Уровень производственного травматизма в горнодобывающей отрасли остается высоким по сравнению с другими отраслями промышленности. Горнодобывающая промышленность является одной из самых опасных и трудоемких отраслей, где работники подвергаются различным рискам и опасностям, связанным с их работой.

В этой отрасли часто происходят несчастные случаи, связанные с обрушениями породы, взрывами, выбросами метана, падениями с высоты и другими опасными ситуациями. В результате таких инцидентов работники получают серьезные травмы и увечья, а иногда и погибают.

Для анализа несчастных случаев и статистики травматизма на предприятии, необходимо проводить расследования инцидентов. Компании группы должны, как минимум, соблюдать преобладающие местные нормы по организации процесса расследования инцидента (несчастного случая). Там, где этот стандарт "АрселорМиттал" устанавливает более строгие требования, то применяется настоящий стандарт.

Инцидент (несчастный случай) - незапланированное событие, которое может привести (или не привести) к травме или ущербу. Инциденты включают в себя угрозу происшествия.

Процесс расследования инцидента (несчастного случая) - охватывает следующие четыре взаимосвязанных действия, направленных на предотвращение повторения происшествия:

- 1) сбор сведений об инциденте (несчастном случае),
- 2) описание последовательности инцидента (несчастного случая),
- 3) определение причинных факторов
- 4) разработка предупреждающих и корректирующих мероприятий.

Первым этапом процесса расследования является сбор данных относительно событий и обстоятельств инцидента (несчастного случая). Сюда может входить информация о персонале, задачах, оборудовании и условиях работы.

Описание последовательности инцидента (несчастного случая) производится на основании его важных событий и обстоятельств в хронологическом порядке.

Определение причинных факторов происходит в рамках последовательности событий и обстоятельств связанных с несчастным случаем небезопасных условий или действий (или решений), являющихся причинами происшедшего.

Причинно-следственный анализ – это систематический метод определений "основных причин", т.е. причин, относительно которых могут быть применены решения по устранению проблемы. Этот анализ включает в себя методику составления причинно-следственной диаграммы с использованием элементов последовательности событий инцидента (несчастного случая). Анализ критических решений дополняет причинно- следственный анализ путем лучшего понимания мотиваций и причин, лежащих в основе решений (и действий), которые привели к инциденту (несчастному случаю).

Причинные факторы используются для идентификации (выявления) производственных проблем и трудностей и являются основой эффективных предупреждающих и корректирующих мероприятий. Для обеспечения эффективности этих мероприятий может потребоваться последующий контроль выполнения.

Организация разрабатывает, внедряет и поддерживает в рабочем состоянии процесс расследования инцидента (несчастного случая), направленный на расследование всех производственных инцидентов (несчастных случаев) и предотвращение их повторения.

В качестве элемента расследования инцидента (несчастного случая), с целью определения причинных факторов, организация использует методы причинно- следственного анализа и анализа критических решений, либо эквивалентные анализы. Как минимум, эти анализы должны быть официально задокументированы для расследований в отношении:

- Производственных инцидентов (несчастных случаев), которые привели к одному или более смертельным несчастным случаям, или при которых один или более человек получили травмы с угрозой для жизни на предприятии "АрселорМиттал" (включая работников, подрядчиков, заказчиков, посетителей и т.п.);



- Значительных инцидентов (несчастных случаев), которые могли привести к смертельному исходу, на предприятии "АрселорМиттал" (включая собственных работников, подрядчиков, заказчиков, посетителей и т.п.);

- Инцидентов (несчастных случаев), которые привели к травме с потерей времени.

Процесс расследования инцидента (несчастного случая) и его применение включается в другие организационные процессы, в том числе (не ограничиваясь этим): планирование работ; проектирование; снабжение.[2]

Рассмотрим смертельные случае произошедшие в компании «АрселорМиттал» на 2023 год. Данные предоставлены в таблице №1.

Рассмотрим последовательность расследования несчастного случая поэтапно.

Авария произошедшая 28 октября 2023 года на шахте имени Костенко в Республике Казахстан повлекла за собой 46 смертей. Несмотря на опасения рабочих, работодатель привлек трудящихся к работе, что понесло за собой смертельные последствия. Причиной произошедшего стала халатность работодателя, он не стал разбираться в ситуации и закрыл глаза на возможную опасность. Предупреждающими мероприятиями будут являться периодические проверки соответствия квалификаций, а корректирующей мерой будет являться отстранение от работы должностных лиц, виновных в произошедшем.

Несчастный случай произошедший 4 апреля 2023 года на одном из заводов «АрселорМиттал» в Польше повлек за собой смерть двух рабочих. При выполнении работ на электрооборудовании произошло короткое замыкание, что привело к возникновению электрической дуги. Причиной гибели рабочих явилось несрабатывание системы автоматического отключения оборудования. Проведение периодических проверок работоспособности систем безопасности станет предупреждающим мероприятием, для устранения возможных несчастных случаев. Корректирующим мероприятием будет устранение дефектов системы автоматического отключения оборудования.

В ходе проведения расследований обнаружены причины возникновения происшествий : халатность руководства и ответственного за безопасность персонала, а также неисправность технических средств обеспечения безопасности. Для предотвращения возникновения повторных несчастных случаев необходимы следующие организационные и технические мероприятия: проведение регулярных проверок квалификации сотрудников ответственных за безопасные условия труда, а также проведение проверок работоспособности

**Таблица 1.**

№	Дата	Страна	Предприятие	Причина	Количество пострадавших
1	05.01.2023	Казахстан	Стальной департамент	Удар электрическим током из-за нарушения изоляции на удлинители в нескольких местах	1
2	09.01.2023	Южная Африка	Нью Касл	Произошел взрыв вследствие попадания воды в жидкую фазу	1
3	04.02.2023	Индия	Хазира, AMNS Индия	Падения с высоты при не соблюдении техники безопасности	1
4	07.04.2023	Мексика	Reña Colorada	Падение оторвавшегося предмета от несущей конструкции	1
5	19.04.2023	Польша	Flat Europe	В обслуживании электрооборудования появилась электрическая дуга вследствие чего были получены ожоги не совместимые с жизнью	2
6	15.07.2023	Украина	АМ Кривой Рог	Падение с высоты при выполнении капитального ремонта оборудования предприятия	1
7	17.08.2023	Казахстан	Угольный департамент	Возгорание ленточного конвейера	5
8	06.09.2023	Казахстан	«Оркен-Атасу» ТОО "Оркен"	Падение оторвавшегося предмета от несущей конструкции	1
9	28.10.2023	Казахстан	Угольный департамент	В лаве произошел взрыв газометана.	46

технических средств обеспечения безопасности. Проведение таких мероприятий снизит вероятность возникновения несчастных случаев.

Литература:

1. Официальный сайт АО «АрселорМиттал Темиртау», [Режим доступа]: <https://www.arcelormittal.kz/company/kompaniya-arselormittal/>

2. Смертельные случаи, допущенные в группе «АрселорМиттал 2023 г.» : [док. внутреннего пользования] / АО «АрселорМиттал Темиртау». – Темиртау, 2023 – 20 с.

3. ГОСТ 18322-78 Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники.

4. РД 05-94-95 Руководящие документы Госгортехнадзора России. Правила безопасности в угольных шахтах.

## **МИНИМИЗАЦИЯ ДОЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ**

**И.С. Егоров, М.А. Серебренников, Г.Е. Ремнев**  
**Национальный исследовательский Томский**  
**политехнический университет,**  
**г. Томск, mas48@tpu.ru**

*Рассмотрен подход к организации облучения импульсным электронным пучком семян пшеницы с целью обеззараживания поверхности при минимальных потерях энергии пучка. Подход учитывает характеристики объекта облучения в виде диаграммы массовой толщины. Проведен расчёт необходимых диапазонов доз, обеспечивающих эффект обработки. Глубинное распределение доз достигается регулированием спектра кинетических энергий частиц и полной переносимой энергии пучка. Показаны режимы, позволяющие достичь обеззараживания оболочки семян при минимальном влиянии на всхожесть семян.*

*An approach of organizing irradiation of wheat seeds with a pulsed electron beam in order to disinfect the surface with minimal losses of beam energy is considered. The approach takes into account the characteristics of the irradiated object in the form of a mass thickness diagram. The calculation of the required dose ranges to ensure the treatment effect was carried out. Depth dose distribution is achieved by regulating the spectrum of kinetic energies of particles and the total transferred energy of the beam. Modes are shown that make it possible to achieve disinfection of the seed coat with minimal impact on seed germination.*

Одними из наиболее значимых критериев развития технологий в сегодняшнем технологическом и политическом укладах мира являются безопасность, эффективность, суверенитет и техническая доступность

оборудования. Особенный вес в свете продовольственной безопасности эти критерии приобретают для сельскохозяйственной и пищевой отраслей, обнаруживая преимущества современных радиационных технологий над традиционными химическими. Прежде всего, применение электронного пучка, как обеззараживающего агента, не приносит химических загрязнений – обработка безреагентна (потребляется только электричество), что по сравнению с химическим протравливанием повышает безопасность продукции, экологичность обработки, а также снижает зависимость от поставщиков «химии» [1].

В сравнении с другими источниками ионизирующего излучения, например, изотопными источниками, ускорители электронов обеспечивают значительно более высокий уровень экологической и социальной безопасности при эксплуатации и утилизации. Правительства ряда стран прямо рекомендуют своим предприятиям заменять изотопные источники на ускорители [2].

Также, немаловажным фактором для практического использования источников является скорость набора дозы, определяющая время обработки продукции.

Для ряда применений соотношение энергии, выделенной в целевой области и вне её, является критическим фактором для самой возможности применения ионизирующего излучения. Примером является использование лучевой терапии при лечении пациентов. Другим известным примером является применение электронных пучков для обработки семенного материала зерновых культур с целью обеззараживания перед высевом. Недостаточное облучение оболочки семян снизит эффективность обеззараживания, а переоблучение зародыша приведёт к изменению показателей всхожести [3].

В настоящей работе рассмотрен подход к организации эффективного облучения импульсным электронным пучком семян пшеницы минимальными дозами с целью обеззараживания поверхности путём оптимизации глубинного распределения дозы в структуре зерна.

Корни проблемы оптимального использования энергии пучка лежат в особенностях взаимодействия излучения (в частности потока ускоренных электронов) с веществом и состоят в том, что для моноэнергетического пучка выделение энергии по глубине (дозы) неравномерно, имеет максимум на некоторой глубине обработки и спадающую характеристику (см. Рис. 1).

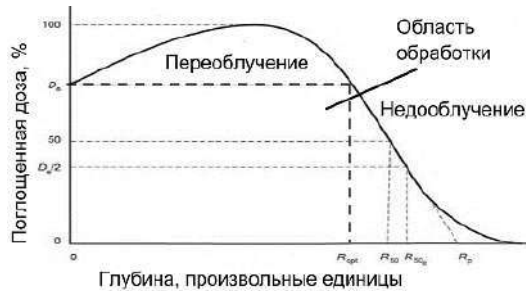


Рис. 1 – Типичное (идеализированное) распределение дозы по глубине для электронного пучка в однородном материале [4]

Таким образом, с применением моноэнергетических пучков (непрерывных ускорителей) обеспечить однородную дозу на глубинах, сравнимых с пробегом частиц, не представляется возможным.

В случае с облучением семян пшеницы увеличение общей дозы облучения поверхности, как правило, приводит к значительному облучению зародыша, что отражается на показателях всхожести. В целях оптимизации дозового распределения вблизи поверхности в настоящей работе рассматривается использование пучка ускоренных электронов со сложным энергетическим спектром [4], отличающимся существенной долей низкоэнергетических электронов по сравнению с максимальной энергией частиц. Для этих целей использовали созданный в ТПУ импульсный ускоритель АСТРА-М. Для оценки эффективности облучения семян электронным пучком с целью обеззараживания использовали стандартные методики оценки показателей всхожести (ГОСТ РФ 12038-84) и зараженности (ГОСТ РФ 12044-93).

Основой для составления карты глубинного распределения дозы являлась внутренняя структура семени, оцениваемая с позиции взаимодействия применяемого излучения с веществом [5]. Такой подход позволил оценить глубинное распределение дозы в семени при использовании пучков с разным энергетическим спектром (Рис. 2).

Спектр регулировали изменением амплитуды импульса ускоряющего напряжения [6]. Обеспечение разных эффективных доз в оболочке и зародыше семени показало разный эффект обработки (Рис. 2). Режим 200 кВ может использоваться для обеззараживания поверхностных слоёв оболочки, практически не влияя на всхожесть, а режим 300 кВ для предотвращения всхожести и обеззараживания объемов оболочки и зародыша.

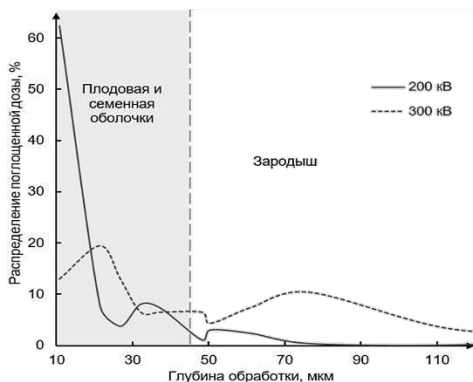


Рис. 2 – Глубинное распределение дозы в зерне пшеницы за 1 импульс электронного пучка [5]

Для поиска режима, позволяющего обеззараживать весь объем оболочки, использовали программное обеспечение, позволяющее оценивать интегральное распределение дозы в серии последовательных импульсов электронного пучка с разной кинетической энергией [7]. Найденный режим 260 кВ показал (рис. 3), что в диапазоне доз 0,2-0,4 кГр зараженность снижается до значений менее 5%, а всхожесть сравнима с показателями контрольной группы без обработки.

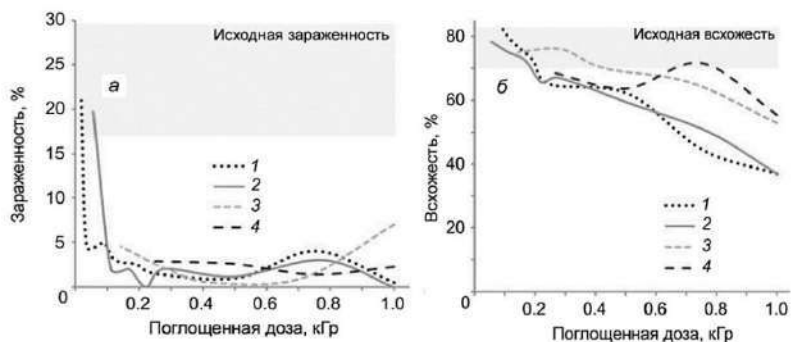


Рис. 3 – Влияние дозы электронного пучка на зараженность грибами *Penicillium* spp. (а) и всхожесть семян (б). 1-4 – дублирующие серии экспериментов [8]

Подход к организации облучения зерна пшеницы импульсным электронным пучком, включающий: анализ структуры объекта облучения, оптимизацию требуемой дозы и её эффективного распределения за счёт изменения характеристик пучка, показал

возможность достижения обеззараживания оболочки семян пшеницы без существенного снижения показателей всхожести, что говорит о возможности организации эффективного облучения с высокой степенью контроля и минимизации дозы с использованием импульсных ускорителей.

Работа выполнена в рамках государственного задания FSWW-2023-0011.

Литература:

1. Pillai S.D., Shayanfar S. Electron Beam Technology and Other Irradiation Technology Applications in the Food Industry // Topics in Current Chemistry. – 2017. – Vol. 375, N 1. – P. 1–20.

2. Transitioning from High-Activity Radioactive Sources to Non-Radioisotopic (alternative) technologies. A best practices guide for federal agencies / Product of the National Science and Technology Council (USA), 2016 – 48 p.

3. ГОСТР 34157-2017. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов электронными пучками и рентгеновским (тормозным) излучением = Standard Practice for Dosimetry in Electron Beam and X-Ray (Bremsstrahlung) Irradiation Facilities for Food Processing – Введ. 2019–02–01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 32 с.

4. Егоров И.С., Полосков А.В., Серебренников М.А., Ремнев Г.Е. Оптимизация спектра кинетических энергий электронов пучка импульсного ускорителя для объемной обработки материалов. // Взаимодействие излучений с твердым телом: материалы 13-й межд. науч. конф.: – Минск: Издательский центр БГУ, 2019. – С. 530–532.

5. Влияние спектра кинетических энергий электронов пучка на эффективное распределение поглощенной дозы по глубине / Егоров И.С., Исемберлинова А.А., Серебренников М.А., Полосков А.В., Ремнев Г.Е. // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2020. – № 63(7). – С. 1–6.

6. Егоров И.С., Полосков А.В., Серебренников М.А. Влияние напряжения заряда емкостного накопителя на выходные параметры ускорителя на основе импульсного трансформатора // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2022. – № 65(11). – С. 43–47.

7. Серебренников М.А., Адамов Е.В., Полосков А.В., Егоров И.С. Расчет контролируемого распределения поглощенной дозы по глубине объекта при обработке импульсным электронным пучком // Научная сессия ТУСУР–2021: материалы всерос. науч. конф. молодых ученых. – Томск: В-Спектр, 2021. – С. 220–223.

8. Egorov I.S, et al., On the application of pulsed electron beams with wide kinetic energy spectrum // Russian Physics Journal. – 2020. – Vol. 63, N 10. – P. 48–53.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ АЛЮМИНИЕВОГО ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**А.В. Чумакова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, a.chumakova.2020@stud.nstu.ru  
Научный руководитель: Виноградов А.В., ст. преп.**

*Рассмотрены действия по обеспечению безопасных условий труда; вредные и опасные факторы, негативно влияющие на работников литейного производства; статистические данные частоты возникновения профессиональных заболеваний участка цветного литья; средства индивидуальной защиты обеспечивающие безопасные условия труда работников.*

*Actions to ensure safe working conditions are considered; harmful and dangerous factors negatively affecting foundry workers; statistical data on the incidence of occupational diseases of the non-ferrous casting site; personal protective equipment ensuring safe working conditions for workers.*

Безопасные условия труда – это такие условия, при которых воздействие на рабочих вредных и опасных производственных факторов не превышает допустимых. Создание безопасных условий труда на всех типах производства является главным приоритетом как в прошлом, так и в настоящем. Государство придает высшую значимость человеку, что предполагает необходимость создания безопасной рабочей среды для каждого работника [1].

Одной из главных обязанностей работодателя является обеспечение контроля за состоянием условий труда, которая подразумевает под собой проведение следующих действий: планирование проведения производственного контроля и специальной оценки условий труда (СОУТ); контроль проведения оценки условий труда, рассмотрение её результатов; контроль исполнения перечня рекомендуемых мероприятий по улучшению условий труда, разработанного по результатам проведенной СОУТ.

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации



вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников[2].

Исследования по частоте возникновения профессиональных заболеваний работников алюминиевого литья проводились Донским государственным техническим университетом (ДГТУ). Объектом исследования было выбрано предприятие ОАО «РУСАЛ Братск» (сокращенно БрАЗ) являющийся лидером по производству алюминия в России и в мире. Производит 30 % всего производимого алюминия в России и 4 % по миру. Основным видом продукции является: алюминий высокой чистоты и технической чистоты, слитки и алюминиевые сплавы.

Материалами исследования явились результаты специальной оценки условий труда (СУОТ) работников предприятия. Металлургическая отрасль несёт в себе ряд вредных факторов и профессиональных рисков, негативно воздействующих на здоровье работников предприятия. На основании данных СУОТ были получены следующие данные:

- 31 % рабочих мест с влиянием шума;
- 21 % рабочих мест с влиянием тяжести трудового процесса;
- 16 % рабочих мест с влиянием химическим фактором;
- 10 % рабочих мест с влиянием световой среды;
- 11 % рабочих мест с влиянием микроклимата;
- 6 % рабочих мест с влиянием общей вибрации;
- 5 % рабочих мест с влиянием напряженности трудового процесса.

На предприятии Акционерного общества «Кольская горно-металлургическая компания» (АО «Кольская ГМК») занимающемся алюминиевым литьем, статистические данные по частоте возникновения профессиональных заболеваний от общего числа случаев следующие:

- костно-мышечной системы – 46,8;
- органов дыхания – 42,1%;
- нервной системы – 7,1;
- уха и сосцевидного отростка – 2,4%;
- травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин – 1,6% [3].

По статистическим данным видно, что самый высокий доля опасного воздействия на организм человека оказывают шум, химический фактор и тяжесть трудового процесса. Частое и интенсивное шумовое воздействие на организм человека негативно влияет на нервную систему, а также

способствует развитию быстрого утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе, появлению шумовой патологии. Такой фактор, как тяжесть трудового процесса, также часто используется в технологическом процессе. Тяжесть трудового процесса рассматривается как разновидность рабочего напряжения, проявляющаяся в функциональном напряжении нейромышечного и опорно-двигательного аппаратов, регулирующих (нервная, гормональная) и обеспечивающих кровообращение, дыхание, газообмен и терморегуляцию систем организма. В литейном производстве под тяжестью трудового процесса понимаются большие физические усилия, при управлении оборудованием. Причиной воздействия химических факторов в металлургической промышленности является металлосодержащая пыль сложного химического состава, которая включает в себя малые примеси (хром, бериллий, литий и другие). Последствиями данного воздействия зачастую становятся флюороз, алюминоз [4].

Важной частью профилактики профессиональных заболеваний является применение средств коллективной и индивидуальной защиты от шума. К коллективной защите от шума наиболее эффективными считаются применения малозумных технологических процессов, оснащение дистанционным управлением, создание шумозащищенных зон, а к индивидуальным использованию противозумные наушники, шлемы и вкладыши, снижающие действие средне – и высокочастотного шума до 35–40 дБ. Успешное внедрение в комплекс мероприятий защиты от шума средств индивидуальной защиты резко снижает и даже исключает риск развития профессиональной потери слуха [5].

В целях профилактики тяжести и напряженности труда необходимо использовать мероприятия, такие как, механизация и автоматизация технологических процессов, организация рационального режима труда и отдыха.

Для снижения воздействия химических факторов, рекомендуются следующие мероприятия:

- усовершенствование технологического оборудования, непрерывных транспортных потоков, применение мокрых способов переработки сырьевых пылящих материалов;
- использование вытяжных шкафов, зонтов, бортовых отсосов с искусственной или механической тягой;
- постоянный контроль над содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- вентиляция производственных помещений и применение специальных аспирационных установок.

Исходя из статистических данных, приведенных ранее, можно сделать вывод, что больший вред исходит от шума, химического фактора и тяжести трудового процесса. Наиболее эффективными средствами снижения воздействия от этих факторов будут являться: использование средств индивидуальной защиты (беруши, респираторы, защитные костюмы), организация рационального режима труда и отдыха (чтобы избежать перенапряжений трудящихся).

Литература:

1. Федеральный закон от 2 июля 2021 г. N 311-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации» [Режим доступа]: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389002/3d0cac60971a511280cbba229d9b6329c07731f7/#dst100022](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389002/3d0cac60971a511280cbba229d9b6329c07731f7/#dst100022)

2. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [Режим доступа]: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156555/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/)

3. Сюрин С.А., Чашин В.П., Фролова Н.М. Риск развития и особенности профессиональной патологии у работников цветной металлургии Кольского Заполярья // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. - № 2. – С. 22-25.

4. Трушкова Е.А., Побойкина А.О., Омельченко Е.В. Анализ условий труда работников ОАО «РУСАЛ БРАТСК» // Труды РГУПС. – 2019. - № 1. – С. 7982.

5. Шельмаков В.Н., Воронова И.А. Влияние вредных производственных факторов на человека и защита от них // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сб. тр. конф. – Пенза: Изд-во ПГАУ, 2022. – С. 93-95.

## **КОМПЕТЕНЦИИ СПЕЦИАЛИСТА ПО ОХРАНЕ ТРУДА, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ 16-ТИ ФАКТОРНЫМ ЛИЧНОСТНЫМ ОПРОСНИКОМ КЕТТЕЛЛА**

**Ю.Г. Янголь**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, [juliyang2000@gmail.com](mailto:juliyang2000@gmail.com)**

**Научный руководитель: Гуськов А.В., д.т.н.**

*Охрана труда в первую очередь – это защита людей от негативных воздействий опасных и вредных факторов на работника, действующих в*

процессе работы. Специалист по охране труда – человек, ответственный за создание безопасных условий труда, чтобы не только сохранить здоровье и жизнь человека, но и повысить его производительность. И при найме сотрудников на такую специальность, отдел кадров или руководитель должны убедиться, что данный человек обладает необходимыми компетенциями для выполнения своих должностных обязанностей. 16-ти факторный личностный опросник Кеттелла может определить какими сильными сторонами обладает человек, чтобы определить справится он с поставленными задачами.

*First of all, labor protection is the protection of people from the negative effects of dangerous and harmful factors on an employee acting in the course of work. A labor protection specialist is a person responsible for creating safe working conditions in order not only to preserve human health and life, but also to increase its productivity. And when hiring employees for such a specialty, the HR department or the head should make sure that this person has the necessary competencies to perform their job duties. Kettell's 16-factor personality questionnaire will help determine what strengths a person has in order to determine whether he will cope with the tasks set*

Любой специалист должен обладать определенными знаниями и умениями, что и называется компетенциями для работы в той или иной сфере. Специалисты охраны труда востребованы во всех сферах производств, так как несут ответственность за жизни людей и должны обладать профессиональными компетенциями для работы. Под профессиональными компетенциями понимается способность действовать на основе имеющихся умений, знаний и практического опыта в определенной профессиональной деятельности. Первоначально человек должен обладать личностными или общими компетенциями.

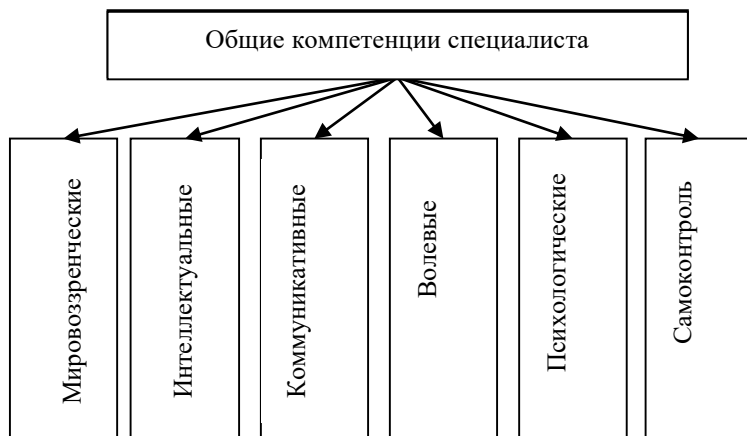


Рис. – 1 – Схема строения общих компетенций

Общие компетенции в свою очередь преобладают личностными качествами, такими как: мировоззрение, коммуникабельность, воля, психология и самоконтроль человека. Опросник Кеттелла продемонстрирует отдельные, независимые друг от друга факторы личности из которых складываются общие компетенции. Структура факторов опросника у каждого отдельного человека отражает вероятностную модель индивидуально-психологических свойств его личности и при наложении на групповую модель той выборки, к которой принадлежит данный человек, демонстрирует индивидуальное своеобразие конкретной личности и позволяет с большей долей вероятности прогнозировать ее реальное поведение в определенных жизненных ситуациях.

Первоначальная идея теста состояла в том, что было взято за основу 18000 слов из словаря, которыми человек мог описать себя или другого. Далее Кеттелл выделил уже 4500 слов прилагательных и существительных из всей массы. Следующим этапом разделил на 171 группу слов. Используя факторный анализ, Кеттелл выделил 12, а затем включил ещё 4 фактора, которые, как он предполагал, должны были выделиться. Результатом этого была гипотеза о том, что люди описывают самих себя и других с помощью 16 различных независимых друг от друга факторов [1]. Данные факторы описывают как самооценку, так и другие качества человека.

Опросник Кеттелла имеет несколько форм, которые подразделяются по группам тестируемых. Группы А и В вопроса поставлены более прямолинейно, и испытуемый может дать «предполагаемый желательный ответ» и так же идут по два подряд. Актуальной и наиболее удобной считается форма С.

**Таблица 1 – Формы 16-ти факторных личностных опросников Кеттелла**

Форма	Кол-во вопросов	Применение	Среднее время, ин
А	187	Высокое образование,	50
В	187	совершеннолетие	50
С	105	Нормальное образование, начиная со среднего, совершеннолетие	30-40
Д	105		30-40
Е	128	Группы с невысоким уровнем образования, совершеннолетие	30-40
F	128		30-40

Сама методика состоит из опросника, бланка для ответов и ключа.

Фактор	Номера вопросов, типы ответов, баллы						
1. MD	1. в-1 а-2	18. в-1 с-2	35. в-1 с-2	52. в-1 а-2	69. в-1 с-2	86. в-1 с-2	103. в-1 с-2
2. A	2. в-1 с-2	19. в-1 а-2	36. в-1 с-2	53. в-1 а-2	70. в-1 а-2	87. в-1 с-2	104. а-1 (3. B)
3. B	3. в-1	20. с-1	37. в-1	54. с-1	71. а-1	88. с-1	105. в-1
4. C	4. в-1 а-2	21. в-1 а-2	38. в-1 с-2	55. в-1 а-2	72. в-1 с-2	89. в-1 с-2	
5. E	5. в-1 с-2	22. в-1 с-2	39. в-1 с-2	56. в-1 а-2	73. в-1 с-2	90. в-1 а-2	
6. F	6. в-1 с-2	23. в-1 а-2	40. в-1 с-2	57. в-1 а-2	74. в-1 а-2	91. в-1 с-2	
7. G	7. в-1 а-2	24. в-1 с-2	41. в-1 а-2	58. в-1 с-2	75. в-1 а-2	92. в-1 с-2	
8. H	8. в-1 а-2	25. в-1 с-2	42. в-1 с-2	59. в-1 а-2	76. в-1 а-2	93. в-1 а-2	
9. I	9. в-1 а-2	26. в-1 а-2	43. в-1 с-2	60. в-1 а-2	77. в-1 с-2	94. в-1 с-2	
10. L	10. в-1 а-2	27. в-1 с-2	44. в-1 с-2	61. в-1 с-2	78. в-1 а-2	95. в-1 а-2	
11. M	11. в-1 с-2	28. в-1 с-2	45. в-1 а-2	62. в-1 а-2	79. в-1 а-2	96. в-1 с-2	
12. N	12. в-1 с-2	29. в-1 с-2	46. в-1 а-2	63. в-1 а-2	80. в-1 с-2	97. в-1 с-2	
13. O	13. в-1 с-2	30. в-1 а-2	47. в-1 с-2	64. в-1 а-2	81. в-1 с-2	98. в-1 а-2	
14. Q <sub>1</sub>	14. в-1 а-2	31. в-1 а-2	48. в-1 с-2	65. в-1 с-2	82. в-1 с-2	99. в-1 а-2	
15. Q <sub>2</sub>	15. в-1 а-2	32. в-1 с-2	49. в-1 а-2	66. в-1 а-2	83. в-1 с-2	100. в-1 с-2	
16. Q <sub>3</sub>	16. в-1 а-2	33. в-1 а-2	50. в-1 а-2	67. в-1 а-2	84. в-1 с-2	101. в-1 с-2	
17. Q <sub>4</sub>	17. в-1 а-2	34. в-1 с-2	51. в-1 с-2	68. в-1 а-2	85. в-1 с-2	102. в-1 а-2	

Рис. 2 – Ключ к опроснику Кеттелла формы С

В случае ручной обработки ответных листов на них поочередно накладываются «ключи» и записывается сумма баллов по каждой из 17 характеристик личности (16 личностных факторов + фактор самооценки). Далее «сырые» оценки переводятся в десятибалльную шкалу - так называемые стены. Нужно отметить, что шкалы могут изменяться в зависимости от возраста и уровня образования. Так же данную методику делят по половому признаку. Таким образом шкала для школьника будет делиться на 10 баллов, для людей 20-23 года – на 12 баллов.

Основной целью опросника является наглядная демонстрация поведения человека, на основе 17 факторов (16 факторов + самооценка)

личности человека. Эти данные помогут построить «портрет» кандидата, которого рассматривают на должность специалиста по охране труда.

Таким образом, после прохождения теста, все ответы заносятся в бланки и переводятся из первичных оценок в стены, используя ключи. При общем размахе вариативности данных в 10 стенов, средние значения составляют 5,5 стена. Оценки в 4 и 7 стенов указывают на незначительные отклонения характеристик личности от средней. Яркая выраженность качества связана с оценкой 1-3 и 8-10 (учитывая биполярность каждого фактора).

Большинство изучаемых личностных характеристик раскрываются, по мнению автора методики, при ответе на 6 соответствующих вопросов; 7 вопросов предлагается для фактора MD («адекватность самооценки»), 8 вопросов - для фактора B («интеллект») [1].

Фак- тор	Стены										M	σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	0-4	5	6	-	7	8	9	10	11	12	8,06	1,7
B	0-2	-	3	-	4	-	5	-	6	7-8	4,5	0,99
C	0-3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,5	1,77
E	0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-12	3,3	1,66
F	0-2	-	3	4	5	6	7	-	8	9-12	5,6	1,68
G	0-3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,8	1,92
H	0-3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,7	1,89
I	0-3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7,6	1,88
L	0-1	2	-	3	4	-	5	6	7	8-12	4,3	1,54
M	0-3	-	4	5	6	7	8	9	10	11-12	5,5	1,63
N	0-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-12	5,5	1,63
O	0-1	2-3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	6,6	2,14
Q <sub>1</sub>	0-4	5	6	-	7	8	9	10	11	12	8,1	1,73
Q <sub>2</sub>	0-2	3	-	4	5	6	7	8	9	10-12	5,8	1,69
Q <sub>3</sub>	0-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	6,3	1,66
Q <sub>4</sub>	0-1	2	3	4	5	6-7	8	9	10	11-12	6,0	1,86
MD	0-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12	6,7	1,74

Рис. 3 – Перевод первичных данных в стены. Таблица перевода предназначена для студентов 21-23 года.

После перевода в стены, как правило строится психограмма, где наглядно можно увидеть основные факторы и динамику изменения личностных характеристик.

Данные факторы, исследуемые, в опроснике, напрямую связаны с общими компетенциями, которыми должен обладать любой специалист. Таким образом, наглядный «портрет» поможет выявить какими же сильными или слабыми сторонами обладает кандидат. Сможет ли он сосредоточенно выполнять свои задачи или же будет отвлекаться. Личность характеризуется адекватностью самооценки, знанием самого

**Таблица 2 – Психография личности**

Низкие оценки по фактору	Баллы												Высокие оценки по фактору		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
A- Замкнутость															A+ Общительность
B- Конкретное мышление															B+ (интеллект) Абстрактное мышление
C- Эмоциональная нестабильность															C+ Эмоциональная устойчивость
E- Покорность															E+ Доминантность
F- Рассудительность															F+ Беспечность
G- Низкая нормализация															G+ (ответственность) Высокая нормализация
H- Робость															H+ Смелость
I- Жестокость															I+ (чувствительность) Мягкость
L- Доверчивость															L+ Подозрительность
M- Практичность															M+ Мечтательность
N- Прямолинейность															N+ Проницательность
O- Спокойствие															O+ Тревожность
Q1- Консерватизм															Q1+ Радикализм
Q2- Конформизм															Q2+ Нонконформизм
Q3- Низкий самоконтроль															Q3+ Высокий самоконтроль
Q4- Расслабленность															Q4+ Эмоциональность
MD- Низкая самооценка															MD+ Высокая самооценка

себя, своих качеств и адекватной оценкой своих поступков. Коммуникативные свойства личности характеризуются ярко выраженной общительностью как на межличностном уровне, так и на социальном. Отмечается высокая способность к установлению непосредственных контактов с людьми и социальных контактов. Процесс общения характеризуется активностью, яркостью, открытостью,



эмоциональной насыщенностью, экспрессивностью. В новых, незнакомых обстоятельствах отмечается готовность взять принятие решения на себя, склонность к риску, смелость как в социальных поступках, так и в принятии решений.

Литература:

1. Выбойщик И.В., Шакурова З.А. Личностный многофакторный опросник Р. Кэттелла: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2000– 54 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для вузов. 4-е изд. – М.: Издательство ЮРАЙТ-ИЗДАТ, 2013. – 736 с.

## Секция ГЕОЭКОЛОГИЯ

### ИССЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИАРГУНСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ (Г. КРАСНОКАМЕНСК)

**В.П. Подзорова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,**

**г. Новосибирск, Россия, podzorova.vlada@mail.ru**

**Научный руководитель: Богуславский А.Е., к.г.-м.н.;**

**Ларичкин В.В., д.т.н., профессор**

*Данная работа посвящена исследованию проблемы техногенного загрязнения тяжелыми металлами, ураном и его радионуклидами от шламонакопителя на территории Приаргунского производственного горно-химического объединения (ППГХО), расположенного в г. Краснокаменск, Забайкальский край, Россия. В зоне воздействия были выявлены превышения ПДК некоторых тяжелых металлов и урана. Отмечено, что основными загрязняющими элементами в зоне влияния техногенного загрязнения от шламонакопителя ППГХО является свинец, марганец, железо и уран. Одновременно, при оценке исследованных территорий с точки зрения существующего риска для здоровья населения, полученные данные о химическом составе изученных почв позволяют отнести их к категории с допустимым уровнем загрязнения.*

*This work is devoted to the study of the problem of technogenic pollution from a sludge reservoir with heavy metals, uranium and its radionuclides on the territory of the Priargunsky Mining and Chemical Production Association (PJSC), located in Krasnokamensk, Trans-Baikal Territory, Russia. Excesses of the maximum permissible concentrations of some heavy metals and uranium were detected in the impact zone. It is noted that the main polluting elements in the zone of influence of technogenic pollution from the PJSC sludge reservoir are lead, manganese, iron and uranium. At the same time, when assessing the studied territories from the point of view of the existing risk to public health, the data obtained on the chemical composition of the studied soils make it possible to classify them as having an acceptable level of pollution.*

Геохимическая оценка уровня загрязнения компонентов природной среды составляют на сегодняшний день неотъемлемую часть комплексных экологических исследований, проводимых на территории городов и населенных пунктов, а также входит в региональные системы экологического мониторинга. Данная работа описывает содержание и

влияние урана и тяжелых металлов в зоне воздействия хвостохранилища на ППГХО.

ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение имени Е.П. Славского» — крупнейшее в Забайкальском крае многоотраслевое горнодобывающее и перерабатывающее предприятие, флагман российской уранодобывающей отрасли. Данное предприятие было основано в 1968 г. Относится к производственной системе «Росатом» - способ управления производственной площадкой через контроль нештатных ситуаций по параметрам (<https://priargunsky.armz.ru/ru/kompaniya/o-nas>).

Хвостохранилище — комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых.

Данная работа проводится с целью определения химического содержания элементного состава в почве долины хвостохранилища. В ходе работы использовались следующие методы:

- Валовый U в грунтах рентгено-флуоресцентным анализом с использованием синхротронного излучения на станции элементного анализа ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН. Диапазон (U) от 1 до 1000 ppm, погрешность 10 – 20%.
- Ra, Th, K40, Cs методом сцинтилляционной гамма-спектрометрии в ИГМ СО РАН Диапазон 5 – 1000 Бк/кг, погрешность 15%.
- pH потенциометрическим методом; УЭП кондуктометрическим методом диапазон 1 мкСм/см<sup>2</sup> – 20 мСм/см<sup>2</sup>, погрешность 1%.

Воздействие хвостохранилища проявляется в: а) заболачивание прилегающих участков; б) загрязнение прилегающей к хвостохранилищу ложбины стока тяжелыми металлами и радионуклидами. Протяженность техногенного загрязнения составила 3 км в длину. Измерение проводилось по космоснимкам в программе «Google Earth». Участки визуально были поделены на 3 части. По ширине участок, протяженностью ~1100 м, прилегающий к хвостохранилищу имеет такие параметры – от 450 м до 250 м. Далее по центру виднеется сужение долины, ширина варьируется от 200 м до 500 м, длина данного участка ~900 м. Третья часть участка, имеет колеблющиеся параметры 150-180 м, протяженность данного участка 1000 м.

В соответствии со схемой пробоотбора, были выделены 2 территории: участок фоновых почв и участок влияния хвостохранилища (техногенные загрязнения). Было проведено озоление проб почв, с целью разделения почв на органоминеральные и преимущественно-

минеральные. В таблице 1 приведены результаты озонения и их классификация.

**Таблица 1 – Результаты озонения**

Вид	Техногенные значения			
	n	min	max	n ср
Донные отложения	3	5,5	9,6	6,9±0,35
Болотистые почва	40	3,8	<b>31,0</b>	9,9±0,44
Сухая почва	6	5,1	13,0	8,8±0,46
Вид	Фоновые значения			
	n	min	max	n ср
Почва	15	4,7	16,5	9,6±0,48
Субстрат	7	4,9	7,6	6,0±0,3

В данной таблице представлены диапазоны содержания органики в пробах. Пробы были классифицированы в соответствии с участками отбора. Выявлены преимущественно-минеральные виды (до 20% содержания органики) и органоминеральные (более 20% органики).

По результатам РФА-СИ метода исследования, были выявлены максимальные и минимальные значения элементного состава на исследуемых территориях. В таблице приведены средние концентрации и диапазон содержания для ряда ТМ и радионуклидов.

**Таблица 2 – Средние концентрации и диапазон содержания для изучаемых элементов определяемый РФА-СИ методом исследования**

Элемент	Участок фоновых значений				Участок техногенного воздействия				ПДК мг/кг
	n	min	max	n ср	n	min	max	n ср	
Mn, %	22	0,04	0,09	0,1±0,01	47	0,02	<b>3,98</b>	<b>0,2±0,04</b>	1500 (0,15%)
Fe, %	22	2,11	4,05	3±0,5	47	2,1	71	11,9±1,8	
Cr, г/т	22	25,00	<b>61,00</b>	<b>42±6,3</b>	47	22,1	<b>363</b>	<b>80,6±12,1</b>	6
Cu, г/т	22	19,20	<b>43,00</b>	<b>29±4,3</b>	47	25,5	<b>5889</b>	<b>1018±153</b>	3
Zn, г/т	22	85,00	<b>151,00</b>	<b>113±17</b>	47	92	<b>11485</b>	<b>2460±369</b>	23
As, г/т	22	9,70	<b>17,80</b>	<b>14±2,1</b>	47	12,7	<b>1467</b>	<b>328,5±49,3</b>	10
Pb, г/т	22	16,70	99,00	25±3,7	47	19,3	<b>960</b>	<b>197,3±29,6</b>	130
Th, г/т	22	6,40	21,00	11,5±1,8	39	3,5	19,4	9,9±1,5	
U*, г/т	14	1,10	2,50	1,7±0,3	39	1,1	<b>99</b>	<b>21,1±3,2</b>	

\* - в 6 пробах концентрации данного элемента были ниже порога обнаружения

Техногенное загрязнение образовалось в результате поверхностного и подземного путей миграции. Участок воздействия техногенных загрязнений визуально имеет отличительные свойства, по сравнению с фоновым участком. Фоновые значения отбирались в зоне недостижимости техногенного загрязнения. Участок хвостохранилища представляет в основном болотистую местность. Болотистая почва имеет более высокую

влажность, чем сухая, в этом и заключаются визуальные отличия двух участков исследования. Сухая почва содержит меньшее количество органических веществ по сравнению с болотистой почвой.

В результате исследования выявлены превышения ПДК в фоновых почвах по хрому, меди, цинку, мышьяку. Эти превышения имеют естественный характер и показывают флуктуации местного фона. В техногенных пробах отмечены превышения ПДК, для марганца, свинца и урана, можно предположить, что эти превышения вызваны влиянием хвостохранилища. Превышающие ПДК элементы в участке воздействия хвостохранилища, в основном расположились в болотистых почвах.

На данный момент проводится ступенчатое выщелачивание образцов почв с целью определения подвижных форм которые могут представлять наибольшую потенциальную угрозу для стабильного функционирования почвенной экосистемы.

Литература:

1. Вдовенко В.М. Химия урана и трансураниевых элементов / Издательство Академии Наук СССР. – Москва-Ленинград 1960. – 700 с.
2. Тананаев И.Г., Щепина Н.Е. Основы радиохимии и радиоэкологии. – Москва: МГУ, 2016. – 113 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВИСА «VEGA-SCIENCE» ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Д.А. Власова**

**Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, vlasova.da2001@gmail.com  
Научный руководитель: Хамедов В.А., к.т.н.**

*В работе показана возможность применения сервиса «Vega-Science» для картографирования растительного покрова города Новосибирск. В процессе проведения работы было получено актуальное изображение озелененных территорий города по состоянию на 2023 г., а также проведено сравнение полученного результата с генеральным планом зеленых зон Новосибирска.*

*The paper shows the possibility of using the Vega-Science service for mapping the vegetation cover of the city of Novosibirsk according to the vegetation index NDVI. During the work in the system, an up-to-date image of the green zones of the city for 2023 was generated, and a comparison of the image obtained by classification with the master plan of the green zones of the city was carried out.*

Для современных городских территорий растительный покров является важным элементом городской среды. Он обеспечивает комфортность условий проживания людей, регулирует газовый состав воздуха и степень его загрязненности, климатические характеристики городских территорий, снижает влияние шумового фактора и является источником отдыха городских жителей [1].

В настоящее время изучение и оценка состояния растительных покровов успешно проводится с применением современных информационных технологий и результатов обработки спутниковых изображений, например, на основе расчета вегетационного индекса NDVI. Сопоставление разновременных вегетационных индексов NDVI позволяет проанализировать динамику растительных покровов городской территории для обеспечения принятия муниципальной властью соответствующих управленческих решений в отношении благоустройства городских территорий.

В 2022 году российской компанией TerraTech (входит в холдинг «Российские космические системы» Роскосмоса) на основе технологий анализа космических снимков был подготовлен рейтинг шестнадцати самых зеленых городов России с населением свыше 1 млн человек. Площадь озеленения каждого города была подсчитана в границах территории с наиболее плотной застройкой, где проживает большинство городских жителей. С помощью нейронной сети на основе снимков с российского космического аппарата Канопус-В, имеющего пространственное разрешение 2 м / пиксель, было осуществлено картографирование территории площадью не менее 0,01 га со сплошными древесными насаждениями (парки, лесопарки, скверы) и относительно крупными внутриворовыми скоплениями деревьев [2]. В представленном компанией отчете Новосибирск занимает в рейтинге восьмую позицию - не очень высокий процент древесной растительности в городе частично компенсируется окружающими лесами.

Целью данной работы является оценка возможности применения сервиса «Вега-Science» [3] для картографирования растительного покрова г. Новосибирск на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Сервис предоставляет распределенный доступ к многолетним ежедневно пополняющимся архивам спутниковых данных и получаемым на их основе различным информационным продуктам, ориентированным, в первую очередь, на анализ состояния растительных покровов.

С использованием сервиса «Вега-Science» была подготовлена актуальная карта растительных покровов города Новосибирск (рис.1) по состоянию на 2023 год. В ходе работы были проанализированы сезонные

графики индекса NDVI для определения максимальных значений вегетации растительного покрова, при которых объемы фитомассы достигали своего максимума. В результате, для подготовки итоговой карты было подобрано спутниковое изображение, полученное 05 августа 2023 г. Основными критериями для выбора данного изображения являлось отсутствие на нём облачности и низкое значение индекса NDVI для сельскохозяйственных территорий в период созревания урожая на полях. В результате на карте были отображены парки, городские леса и отсутствовали территории сельскохозяйственного назначения.

В соответствии с решением Совета депутатов Новосибирска от 22.02.2023 № 539 «О правилах создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городе Новосибирске» мероприятия по созданию, охране и содержанию зеленых насаждений на территории районов города проводятся администрациями районов [4]. При этом результаты работы по оценке состояния растительных покровов могут быть полезными для обеспечения контроля за озеленением территории. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при подготовке предложений в план социально-экономического развития города в области благоустройства, освещения, озеленения, санитарного состояния района, в том числе при формировании генерального плана города.

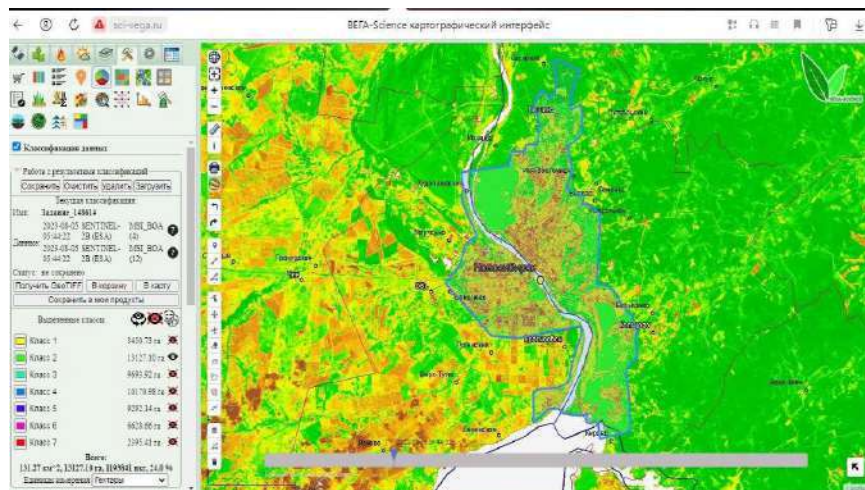


Рис. 1 – Результат классификации зеленых территорий

На рис.2. представлен пример сравнения фактического состояния озелененных территорий с картой их планируемого размещения в соответствии с генеральным планом города. Источником получения генерального плана является сайт Департамента строительства и

архитектуры мэрии города Новосибирска (<http://dsa.novosibirsk.ru/ru/site/2218.html>). По данным мэрии по состоянию на 1 января 2023 г. площадь зеленых насаждений составляла 13 691 га. В соответствии с постановлением мэрии от 16.11.2020 (с изменениями на 31 июля 2023 года) о Муниципальной программе «Зеленый Новосибирск» (до 2025 года) суммарная площадь объектов отдыха, рекреации, озелененных территорий общего пользования должна составлять 14 747 га, или 29,3 % от общей площади города [5]. В то же время по результатам картографирования площадь озелененных зон Новосибирска составляет 13 127 га.

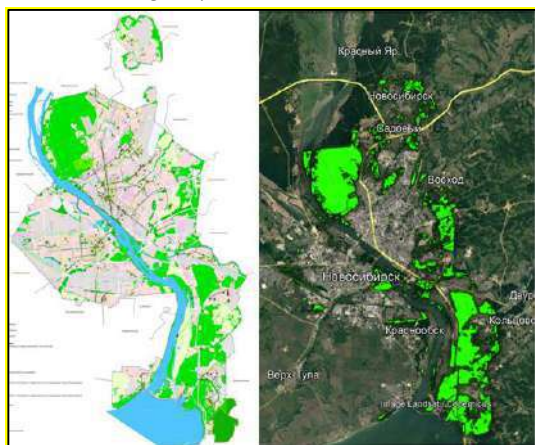


Рис. 2 – Сравнение результатов с генеральным планом зеленых зон

Проведенное исследование позволило отработать методику расчета площади растительных покровов с использованием сервиса «Vegetation Science» на примере города Новосибирск. С помощью сервиса может осуществляться оценка фактического состояния озелененных территорий г. Новосибирск, а результаты обработки могут оказаться полезными при принятии управленческих решений в части озеленения. В перспективе с использованием данного сервиса планируется выполнить оценку обеспеченности жителей города озелененными территориями в соответствии с существующими нормативами.

#### Литература:

1. Семёнова, Ю. К. Благоустройство и озеленение территории скверов в Пензе / Ю. К. Семёнова, Е. Р. Федотова, А. И. Чурсин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 20 (206). — С. 207-210. [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/36ZMWq/> (дата обращения: 11.11.2023).



2. Отчет “16 зеленых мегаполисов”. Сравнение уровня озеленения самых населенных городов страны. [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/36ZMaS> (дата обращения 11.11.2023).

3. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашницкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Бриль А. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Миклашевич Т. С., Плотников Д. Е., Радченко М. В., Стыценко Ф. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А., Хвостиков С. А., Ховратович Т. С. Система "Вега-Science": особенности построения, основные возможности и опыт использования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 1. № 6. С. 9-31.

4. Решение Совета депутатов города Новосибирска от 22.02.2023 № 539 «О правилах создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городе Новосибирске» [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/36ZMdg> (дата обращения: 11.11.2023).

5. Постановление мэрии города Новосибирска от 16.11.2020 № 3596 о Муниципальной программе «Зеленый Новосибирск» [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/36ZMfh> (дата обращения: 11.11.2023).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КИРПИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**А.В. Лапин<sup>1,2</sup>, Ф.К. Горбунов<sup>1,2</sup>, В.В. Ларичкин<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,**

**<sup>2</sup>Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,  
г. Новосибирск, Lapinan96@yandex.ru**

*Разработана рецептура получения кирпичных строительных материалов на основе твердых техногенных отходов (отсев дробления гранитного щебня, бой огнеупорных кирпичей), минерального сырья (песок, супесь) и силикатного связующего. На основе физико-механических исследований полученных по рецептуре образцов установлено, что композиционные материалы обладают требуемыми нормами показателями водостойкости и нейтральным рН поровой жидкости. Оптимальной температурой обработки, при которой наблюдаются наилучшие эксплуатационные свойства материалов, является 300-700 °С в зависимости от состава наполнителей.*

*A recipe has been developed for producing brick building materials based on solid technogenic waste (screenings from crushed granite stone, broken refractory bricks), mineral raw materials (sand, sandy loam) and silicate binder. Based on physical and mechanical studies of samples, it was established that composite materials have water*

*resistance and neutral pH of the pore fluid. The optimal processing temperature at which the best performance properties of materials are observed is 300-700 °C, depending on the composition of the fillers.*

В работе для получения образцов композиционных строительных материалов в качестве наполнителей использовали карьерный песок, супесь, шамот (бой шамотного огнеупора сломомагнезитового цеха ООО «ЗСМК» (г. Новокузнецк)), зернистость которых составляла < 0,14 мм. Также применяли полифракцию (0,14-7,0 мм) отхода дробления гранитного щебня (отсев) из карьера Борок (г. Новосибирск) с добавлением модифицирующих добавок – стеклобоя и корунда, размер зерен (d) которых составлял < 0,14 мм.

В качестве сырья для получения связующего компонента использовали раствор гидроксида натрия и диатомит Инзенского месторождения, предварительно обработанный при температуре 900 С.

Методика получения связующего была описана в работе [1], а методика получения строительных изделий в работе [2].

Результаты полученных физико-механических показателей образцов на основе шамота, песка и супеси представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Физико-механические характеристики образцов на основе шамота, супеси и песка**

№	Наполнитель	Температура обработки, °С	Время выдержки	Предел прочности, МПа		Коэффициент размягчения
				при сжатии	при изгибе	
1	Шамот	20	60 сут. с момента заливки	53,0	12,9	-
2		50	21 сут. с момента заливки	72,5	16,5	-
3		150	6 ч	58,3	8,1	0,70
4		300		91,2	8,2	0,72
5		700		95,9	12,2	0,75
6	Песок	20	60 сут. с момента заливки	50,0	14,5	-
7		50	21 сут. с момента заливки	68	15,3	-
		150	6 ч	50,0		
8		300		57,0	8,9	0,69
9		700		69,5	8,5	0,71
10	Супесь	300	6 ч	64,2	-	-
11		700		62,7	4,7	-

Анализ полученных данных показывает, что наибольшую прочность разработанных изделий и увеличение их водостойкости возможно достичь, применяя термообработку при повышенной температуре (300-700 °С). Изделия, твердеющие при низких температурах (20-50 °С), также обладают конструкционной прочностью, однако их применение предполагается в условиях пониженной влажности.

Ранее в работе [3] строительные материалы, полученные на основе отсева гранитного щебня, имели низкие прочностные показатели и сильнощелочной показатель pH (>12) поровой жидкости. В связи с этим, для увеличения прочности данных материалов в экспериментах добавляли стеклобой в количестве 10% от общей массы смеси и корунд в количестве 15%. Результаты полученных физико-механических показателей изделий на основе отсева вследствие добавления стеклобоя и корунда представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Физико-механические характеристики изделий с добавлением 10% стеклобоя и 15% корунда в зависимости от условий термообработки**

№	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности, МПа		pH	Водопоглощение, %	Температура обработки, °С	Коэффициент размягчения
		при изгибе	при сжатии				
1	2,33	8,5	38,0	12	2,8	50	0,67
2	2,26	3,1	31,4	12	4,4	200	0,75
3	2,27	2,7	45,1	11	4,9	300	0,70
4	2,26	4,1	35,3	10	5,1	400	0,78
5	2,25	4,3	45,1	8	4,7	500	0,80
6	2,01	5,1	53,0	7	6,5	600	0,80
7	1,73	7,9	23,5	7	7,1	700	0,96
8	1,67	7,5	23,5	8	10,0	800	0,95
9	1,79	6,0	31,4	8	8,3	900	0,75

В результате введения стеклобоя и корунда наблюдается значительный рост прочностных характеристик. Так, изделия,

обработанные при температуре 500-600 С, обладают следующими физико-механическими показателями: прочность при сжатии – 45,1 и 53,0 МПа; при изгибе – 4,3 и 5,1 МПа, соответственно.

Установлено, что при тех же условиях термообработки происходит достижение водостойкости образцов (коэффициент размягчения равен 0,80) и снижение щелочности рН их поровой жидкости.

#### **Выводы:**

1. В работе показано, что на основе природного и техногенного минерального сырья можно получать кирпичные строительные материалы с широким спектром физико-механических характеристик.

2. Проведенные исследования дают основания для рекомендации использования разработанной рецептуры для создания изделий различного конструкционного назначения.

3. Включение в компонентный состав рецептуры вторичных материалов даёт кроме экономического эффекта (снижение себестоимости продукции), также экологический эффект, связанный с уменьшением образующихся техногенных отходов.

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении физико-механических исследований Л.К. Бердниковой и В.В. Булгакову научным сотрудникам ИХТТМ СО РАН.

#### **Литература:**

1. Вяжущее из отходов динасового огнеупора / Л.К. Бердникова, А.В. Лапин, Ф.К. Горбунов, В.А. Полубояров // В сборнике: Химические технологии функциональных материалов Материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби. Отв. ред. А.И. Апарнев. Новосибирск, 2019, С. 81-82.

2. Использование техногенного сырья для получения строительных изделий конструкционного назначения / Л.К. Бердникова, В.А. Полубояров, З.А. Коротаева, Ф.К. Горбунов, А.В. Лапин, В.В. Булгаков // В сборнике: Материалы 6-ой международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции «Химические технологии функциональных материалов». Издательский дом «Казак университеті». 2020. С. 32-36.

3. Лапин А.В. Получение строительных изделий из отходов дробления гранитного щебня / А.В. Лапин, Л.К. Бердникова, Ф.К. Горбунов // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр.: в 9 ч., Новосибирск, 30 ноября – 4 дек. 2020 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – Ч. 9. – С. 191–194.

## **Секция РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

### **ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ КАУЧУКОНОСОВ КАК ИСТОЧНИКОВ ПОЛУЧЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА**

**А.О. Беляева<sup>1,2</sup>, В.В. Болтенков<sup>2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>, В.Н. Пармон<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Институт катализа им. Борескова СО РАН,

г. Новосибирск, [gromov@catalysis.ru](mailto:gromov@catalysis.ru),

[vadim\\_boltenkov@catalysis.ru](mailto:vadim_boltenkov@catalysis.ru)

*В данной работе исследованы перспективы использования альтернативных каучуконосов. Описан механизм накопления каучука, показаны результаты анализа растений родов *Euphorbia*, *Inula*, *Lactuca*, *Tragopogon*, *Hieracium* и *Taraxacum* на содержание ценных продуктов.*

*In this work are investigated the prospects for the use of alternative rubber. The mechanism of natural rubber accumulation is described, the results of the analysis of plants of the genera *Euphorbia*, *Inula*, *Lactuca*, *Tragopogon*, *Hieracium* and *Taraxacum* on the content of rubber are shown.*

Натуральный каучук (НК, цис-1,4-полиизопрен) является важнейшим биополимером растительного происхождения [1].

Уровень производства и потребления натурального каучука основной фактор развития резиновой промышленности и показатель состояния всей экономики. Натуральный каучук используют при производстве шин, покрытий, конвейерных лент высокой прочности. Он может применяться при производстве военной техники и в медицине. [1]. Доля натурального каучука в авиационных шинах составляет 100%, что делает его незаменимым в авиационной промышленности [2]. Латекс натурального каучука используют для изготовления тонкослойных, медицинских перчаток и нитей, губок, клеев, разнообразных технических и бытовых резиновых изделий [3].

Синтетический каучук (СК) не может стать заменой натуральному. По однородности микроструктуры СК уступает НК, макромолекулы которого содержат до 100 % цис-1,4-звеньев, что отражается на прочностных и динамических характеристиках [4]. Растительная биомасса является альтернативным возобновляем сырьем для получения натурального каучука, в отличие от синтетического, для производства которого используется исчерпаемый и невозобновляемый ресурс – нефть [1]. Дополнительной экологической проблемой на сегодняшний день является длительность и трудность разложения изделий из резины - источником загрязнения окружающей среды. Использование

неочищенного натурального каучука в качестве добавки к синтетическому или к полиамидным полимерам способствует ускорению разложения материала после эксплуатации без снижения изначальных эксплуатационных характеристик [5].

Альтернативные каучуконосы могут стать источниками дополнительных ценных продуктов помимо натурального каучука. Так одуванчик кок-сагыз, один из наиболее перспективных альтернативных каучуконосов, способен накапливать значительные количества инулина, что является дополнительным преимуществом. Инулин и его производные применяются в пищевой промышленности, в кормах для животных, биологически-активной добавки, имеет низкий гликемический индекс, что позволяет использовать его при диабетическом питании, в промышленности выступает заменой жиросодержащих веществ [6]. Инулин может преобразовать в биоэтанол или 5-этоксиметилфурфурол (ЭМФ) для использования в качестве биотоплива [3].

Спрос на натуральный каучук постоянно растет, вопреки развитию методов синтеза искусственного каучука, в связи с чем существует необходимость в поиске альтернативных источников данного сырья. [1].

Около 90% натурального каучука высокого качества извлекается из гевеи бразильской (*Hevea brasiliensis*), но малое генетическое разнообразие сделало данное растение восприимчивым к многим видам болезней. Одна из них, болезнь пятнистости листьев, вызванная грибом аскомицетом *Microcyclus ulei* [1]. Процесс сбора НК гевеи не механизирован и крайне трудоемок. Каучук из гевеи появляется возможность извлекать лишь на 5-7 год после посадки. Кроме того, ареал произрастания гевеи ограничен экваториальной зоной, что дополнительно сокращает возможность ее выращивания [4].

Исследования показали перспективность получения натурального каучука из большого количества видов, способных произрастать в климатической зоне России, к ним относятся, например: кок-сагыз, крым-сагыз, тау-сагыз. Также были представлены растения способные накапливать каучук родов *Euphorbia*, *Inula*, *Lactuca*, *Tragopogon* и *Hieracium* [7].

Выделяют следующие части растения, где накапливается каучук: 1) в ассимиляционных тканях; 2) в запасующей паренхиме коры, в сердцевинных лучах и сердцевине; 3) в млечниках; 4) смешанный [1].

Путь биосинтеза каучука начинается с сахарозы. В цитозоле клеток паренхимы корня сахароза переносится в вакуоль и используется в качестве основы для синтеза инулина. При распаде инулина с помощью фруктан-1-экзогидролаза образуются свободная сахароза и фруктоза.

Сахароза активно транспортируется через цитоплазму, апопласт и используется в качестве исходного вещества по пути мевалоната для синтеза изопентенилпирофосфата (ИПП) [8].

Биосинтез изопреноидов включает три фазы: 1) образование ИПП, 2) конденсация ИПП для синтеза линейных изопреноидов и 3) конденсация, связанная с удлинением цепи и /или циклизация и модификация [9]. Изучение механизма образования каучука позволяет использовать генную модификацию для повышения продуктивности.

#### Литература:

1. Натуральный каучук, его источники и составные части / *Кулуев Б.Р., Гарафутдинов Р.Р., Максимов И.В., Сагитов А.М., Чемерис Д.А., Князев А.В., Вершинина З.Р., Баймиев Ан.Х., Мулдашев А.А., Баймиев Ал.Х., Чемерис А.В.* // Биомика. – 2015. – Том 7, № 4. – С. 224-283.

2. *Гаршин М.В., Картуха А.И., Кулуев Б.Р.* Кок-сагыз: особенности культивирования, перспективы возделывания и внедрения в современное производство // Биомика. – 2016. – Том 8, № 4. – С. 323-333.

3. Кок-сагыз - *Taraxacum kok-saghyz* (Asteraceae, Compositae) - источник ценного растительного сырья для резиновой, пищевой и фармацевтической промышленности / *Кутузова С.Н., Брач Н.Б., Конькова Н.Г., Гаврилова В.А.* // Биосфера. – 2015. – Том 7, № 3. – С. 391-401.

4. *Parthenium argentatum* A. Gray, *Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin и *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse как альтернативные источники натурального каучука: нужны ли они нам? (обзор) / *Америк А.Ю., Мартиросян Л.Ю., Мартиросян В.В., Мартиросян Ю.Ц.* // Сельскохозяйственная экономика. – 2022. – Том 57, №1. – С. 3-26.

5. *Глазьева И.А., Глазьев М.В., Бажин В.Ю.* Натуральные и синтетические каучуки и необходимость их улучшения с точки зрения экологического воздействия на окружающую среду [Электронный ресурс] // *Universum: технические науки.* - № 7 (40). – 2017. - URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/5023> (дата обращения: 15.10.2023).

6. Инулин: природные источники, особенности метаболизма в растениях и практическое применение / *Сербяева Э.Р., Якупова А.Б., Магасумова Ю.Р., Фархутдинова К.А., Ахметова Г.Р., Кулуев Б.Р.* // Биомика. – 2020. - Том 12, № 1. – С. 57-79.

7. *Кулуев Б. Р., Минченков Н. Д., Гумерова Г. Р.* Кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* rodin): методы выделения каучука и перспективы использования биотехнологических подходов // Биотехнология и селекция растений. – 2019. – Том 2, № 2. – С. 33-43.

8. Development of rubber-enriched dandelion varieties by metabolic engineering of the inulin pathway / A. Stolze, A. Wanke, N. Deenen, R. Geyer, D. Prüfer, C. S. Gronover // Plant Biotechnology Journal. – 2017. – Vol. 15, N 6. - P. 740-753. - doi: 10.1111/pbi.12672.

9. S. Cherian, S. B. Ryu, K. Cornish. Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects // Plant Biotechnol J. – 2019. – Vol. 17, N 11. – P. 2041-2061. - doi: 10.1111/pbi.13181.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БОРЩЕВИКА СИБИРСКОГО КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ИСТОЧНИКА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**Д.О. Дорохина<sup>1</sup>, К.С. Черепанова<sup>1,2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Институт катализа СО РАН,

г. Новосибирск, n.v.gromov@corp.nstu.ru

*Одним из перспективным решением утилизации лигноцеллюлозных сорняков является их переработка в высоковольтные соединения. В данной работе борщевик сибирский рассматривается в качестве источника наноцеллюлозы, применяемой в нефтяной, полимерной, фармакологической отраслях. В качестве начального этапа переработки борщевика в наноцеллюлозу, был исследован компонентный состав субстрата. Найдено содержание влажности, минеральных соединений, лигнина, гемицеллюлоз, целлюлозы, альфа-целлюлозы.*

*One of the promising solutions for the utilization of lignocellulosic weeds is processing into valuable compounds. In this work, Siberian hogweed is considered as a source of nanocellulose used in the oil, polymer, and pharmacological industries. As the initial stage of processing hogweed into nanocellulose, the component composition of the substrate was studied. Found content of moisture, mineral compounds, lignin, hemicelluloses, cellulose, alpha cellulose.*

В России остро стоит проблема распространения сорных растений. Так, за первую половину 2023 года в стране выявили почти 10 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, которые заросли борщевиком [1]. Заращение территорий такого масштаба сорными растениями разрушает биоценозы местной растительности. Сорняки вытесняют другие виды растений и как следствие, такие территории покидают грибы и животные [1]. Одним из сорных вредителей является борщевик сибирский. Ранее борщевик был известен как сельскохозяйственная культура, однако после 80-х гг. растение перестали культивировать из-за



распространения другого, более ядовитого вида – борщевика Сосновского. В настоящее время исследователи рассматривают борщевик в качестве лекарственного, эфиромасличного, медоносного и кормового растения [2]. Кроме того, следует выделить один из перспективных способов утилизации борщевика — выделение соединений с добавленной стоимостью. К таким соединениям относятся эфирные масла [3], хлорофилл [4], алкалоиды и флавоноиды [5], витамины [6], а также высоковольтостребованный полимер целлюлозу [7]. Особый интерес представляет целлюлозный материал в виде наноразмерных единиц. Наноцеллюлоза находит применение в самых различных областях, например, в фармакологии, гигиенических средствах, в качестве клея, в продуктах питания, нефтяной промышленности, изготовлении полимеров и аэрогелей [8].

Борщевик обладает высокой скоростью размножения и высокой урожайностью, что позволяет рассматривать данный вид в качестве источника наноцеллюлозы. В данной работе был исследован компонентный состав борщевика сибирского для дальнейшей его переработки.

Объект исследования борщевик сибирский был собран в Новосибирской области. Для определения состава использован стебель растения. Влажность борщевика определена гравиметрическим методом, путем высушивания субстрата до постоянной массы при температуре  $103 \pm 2$  °C [9]. Содержание минеральных компонентов борщевика определяли методом озоления с последующим прокаливанием в муфельной печи (WiseTherm, Корея) при  $575 \pm 25$  °C. Количественное содержание целлюлозы найдено азотно-спиртовым методом Крюшнера [9]. Также определена доля альфа-целлюлозы по методике, включающей многократную обработку целлюлозы растворами щелочи NaOH высокой концентрации (от 9,5 % до 17,5 %) [10]. Содержание гемицеллюлоз определено путем гидролиза субстрата в 2 %-ой HCl с последующей дериватизацией раствора легкогидролизуемых сахаров 1,2-дифенилгидрозином и анализом ВЭЖХ (Эконова, Россия). Лигнин определен по методике с использованием 72 %-ой H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в модификации Комарова [9].

В результате проведения работы было определено содержание следующих компонентов борщевика сибирского как перспективного источника наноцеллюлозы. Влажность борщевика составила 6 мас.%. Содержание минеральных соединений обнаружено в количестве 7 мас.%. Содержание целлюлозы составило 37 мас.%, из которых 81 мас.% -

альфа-целлюлоза. Содержание гемицеллюлоз и лигнина будут представлены в докладе.



Рис.1 – Целлюлоза, полученная азотно-спиртовым методом Крюшнера [9] из борщевика сибирского

#### Литература:

1. Кислицина П. «Он заполнит все» Как борщевик стал одной из главных проблем России и можно ли ее решить? / Кислицина П. [Электронный ресурс] // Lenta.ru : [сайт]. — URL: <https://lenta.ru/articles/2023/08/18/borshevik/> (дата обращения: 09.11.2023).

2. Ткаченко К. Род борщевик (*Heracleum* L.) хозяйственно полезные растения // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2015. – Т. 7. – С. 209-219.

3. Ткаченко К. Г., Зенкевич И. Г. Состав эфирных масел из плодов некоторых видов *Heracleum* L //Растительные ресурсы. – 1987. – Т. 23. – №. 1. – С. 87-91.

4. Товстик Е. В., Адамович Т. А., Ашихмина Т. Я. Идентификация участков массового роста борщевика Сосновского с помощью спектральных индексов по данным Sentinel-2 //Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – №. 3. – С. 34-40.

5. Печёнкина А. Л. Химико–аналитическое определение биологически активных веществ плодов борщевика сибирского. – 2014.

6. Демина Л. Л. и др. Изучение биохимического состава наземной части борщевика //Общество, наука, инновации (НПК-2015). – 2015. – С. 105-106.

7. Вураско А. В., Агеев М. А., Сиваков В. П. Получение и свойства технической целлюлозы из борщевика окислительно-органо-растворителем способом //Химия растительного сырья. – 2022. – №. 1. – С. 289-298.

8. Marakana P. G., Dey A., Saini B. Isolation of nanocellulose from lignocellulosic biomass: Synthesis, characterization, modification, and potential applications // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Т. 9, № 6.

9. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: Учебное пособие для вузов. / Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. – Москва: Экология, 1991. – 320 с.

10. Faria L. U. S., Pacheco B. J. S., Oliveira G. C., Silva J. L. Production of cellulose nanocrystals from pineapple crown fibers through alkaline pretreatment and acid hydrolysis under different conditions // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – Т. 9, № 6. – С. 12346-12353.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНОВ НА ОСНОВЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**В.А. Евсина, Е.О. Матвеева, А.С. Милушина,**

**Д.А. Немущенко, Н.В. Громов**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, chichkan@corp.nstu.ru**

**Научный руководитель: Громов Н.В., к.х.н.**

*Проведен обзор публикаций в области получения сорбентов на основе целлюлозы. Обзор показал перспективность использования массовых отходов отраслей промышленности, содержащих целлюлозу, для выделения из сточных вод загрязняющих веществ различной химической природы. Определены возможные источники лигноцеллюлозного сырья – отходы лесного и сельского хозяйства, определен их ежегодный выход и направления утилизации. Поставлены задачи будущего экспериментального исследования.*

*A review of publications in the field of obtaining cellulose-based sorbents was carried out. The review showed the promise of using bulk industrial waste containing cellulose to separate pollutants of various chemical natures from wastewater. Possible sources of lignocellulosic raw materials - forestry and agricultural waste - have been identified, their annual yield and directions for disposal have been determined. The tasks of future experimental research are set.*

Лигноцеллюлозная биомасса – наиболее распространенное на Земле возобновляемое сырье. Отрасли российской экономики производят многотоннажные отходы, являющиеся, по сути, вторичным лигноцеллюлозным сырьем: сельское и лесное хозяйство, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная отрасли, коммунальное хозяйство (макулатура, пищевые отходы).

Что касается коммунальных отходов, то по данным [1-2] за 2021 год в России образовалось 47,4 млн. т твердых коммунальных отходов (ТКО), почти половина из них проходит на данный момент сортировку.

В массе, попадающей на сортировку, макулатура составляет около 11 % и централизованно выделяется из потока ТКО, что составляет около 2,5 млн. т макулатуры ежегодно без учета приема такого сырья от организаций.

Приведем результаты анализа отходов лесного хозяйства. В таблице 1 приведены объемы накопления отходов в зависимости от вида производства [3]. В табл. 2 представлен состав отходов из натурально чистой древесины [4].

Отходы, образующиеся при лесозаготовке и деревообработке, на данный момент не находят вторичного применения, так как не соответствуют требованиям к сырью в производственных переделах деревообрабатывающей отрасли (фанерное, плитное производство).

**Таблица 1 – Объемы накопления отходов лесного хозяйства**

Вид производства	Доля выхода, %		
	Конечная продукция	Отходы	Потери (распыл)
1. Лесозаготовки и лесное хозяйство	63-80	20-37	-
2. Лесопиление и деревообработка:			
2.1 Лесопиление и механическая обработка древесины	45-55 85-90 40-50	38-48 5-10 42-52	7 5 8
2.2 Плитное производство			
2.3 Фанерное производство	65-70	22-27	8
2.4 Комбинированное производство			
3. Лесохимическое производство (целлюлозно-бумажное и гидролизное производство)	62-68	35-38	-

**Таблица 2 - Состав отхода**

Наименование компонента	Содержание, %
Целлюлоза	38,9 - 58,3
Лигнин	20,3 - 30,1
Пентозаны	5,3 - 32,9
Гексозаны	0,5 - 17,8
Зола	0,1 - 1,0

Отходы растениеводства (сельское хозяйство) также могут быть вторичным лигноцеллюлозным сырьем. Так при переработке злаковых получается два вида отходов – солома и шелуха, сбор соломы достигает 3 т/га, шелуха составляет до 28 % от массы собранного зерна [5]. Содержание непосредственно целлюлозы в таком сырье может достигать 45 %.

Актуальность данной работы также связана с одной из основных задач инженерной экологии – необходимостью приведения производственных сточных вод к требованиям санитарного законодательства перед сбросом в канализационную сеть или в естественные водотоки. Концентрации загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах, должны быть снижены до уровней, которые бы с учетом смешения с водами водотока не превышали нормативов предельно допустимых концентраций.

Обзор научных публикаций показал большой интерес исследователей к проблеме использования лигноцеллюлозной биомассы в технологических процессах. Представляется перспективным использование биомассы для получения сорбентов очистки сточных вод и для выделения растворенных компонентов из жидких сред в других технологических процессах.

Биомасса состоит из лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы. Целлюлоза обладает высокой сорбционной активностью, зависящей от способа ее отделения от других компонентов и методов предварительной обработки. Из табл. 2 можно видеть, что целлюлоза является основным компонентом, например, отходов лесного хозяйства.

По данным обзорной статьи [9] целлюлозу можно использовать в качестве адсорбента для воды, эмульгированной нефти и нефтепродуктов, органических растворителей, ионов металлов, красителей, лекарственных препаратов и т.д. Экспериментально показана [9] возможность удаления токсичных нефтепродуктов, таких как *n*-гексан, циклогексан, гептан, октан, петролейный эфир, дизельное масло, бензин и др. из водных сред.

В работах [6, 7] авторы исследовали сорбцию модифицированной целлюлозой наиболее опасных загрязнителей естественных водоемов - ионов тяжелых металлов. Была показана высокая эффективность удаления ионов хрома Cr(VI), меди, свинца, кадмия, золота, никеля, цинка. Описан механизм адсорбции.

При выделении растворенных органических красителей, характерных для сточных вод, прежде всего, легкой промышленности (текстильная, кожевенная, косметическая), производства пластмасс и резиновых изделий, отмечается, что взаимодействие адсорбента с частицей

красителя относится к физической адсорбции [8, 9] Процесс сорбции будет зависеть от pH и ионной силы раствора.

Отметим, что значительная доля публикаций посвящена химической модификации целлюлозы и включения в ее структуру сложных органических соединений. Необходимость использования высокоэнергетических методов обработки целлюлозного сырья и многостадийность получения сорбента приводит к усложнению производственного процесса и делает нерентабельным массовую утилизацию выше обозначенных отходов.

В рамках данной работы ставится задача получения образцов сорбентов на основе целлюлозы для удаления из сточных вод органических красителей. В качестве лигноцеллюлозного сырья будут использоваться отходы сельского и лесного хозяйства, варьироваться способы выделения целлюлозы и ее предварительной обработки. Целлюлоза будет исследоваться физико-химическими методами. Сорбционная активность по отношению к промышленным красителям будет определяться экспериментальным методом. Необходимо выявить параметры процесса, влияющие на сорбционную активность.

#### Литература:

1. Сколько вторсырья получается выделять из бытового мусора [Электронный ресурс] / А. Дуэль, 19.01.2022 // Российская газета. - URL: <https://rg.ru/2022/01/19/skolko-vtorsyria-poluchaetsia-vydeliat-iz-bytovogo-musora.html?ysclid=lp6q0c0x9s675532028>
2. Охрана окружающей среды в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. – М., 2022. – 115 с.
3. Мохирев А.П., Безруких Ю.А., Медведев С.О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона – 2015. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/399562859>
4. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения // Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.
5. Денисова М.Н. Характеристики образцов целлюлозы из соломы злаковых, полученных гидротропным способом, и результаты их исследования в качестве субстратов для ферментативного гидролиза // Ползуновский Вестник. – 2016. - Т.1, № 4. – С. 170-173.

6. Gebru K.A., Das C. Removal of chromium (VI) ions from aqueous solutions using amine-impregnated TiO<sub>2</sub> nanoparticles modified cellulose acetate membranes // *Chemosphere*. – 2018. – V. 191. – P. 673-684.

7. Layer-Structured POSS-Modified Fe-Aminoclay/Carboxymethyl Cellulose Composite as a Superior Adsorbent for the Removal of Radioactive Cesium and Cationic Dyes / M. Rethinasabapathy, S.-M. Kang, I. Lee, G.-W. Lee, S. K. Hwang, C. H. Roh, Y. S. Huh // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2018. - № 57. – P. 13731-13741.

8. Utilisation of natural cellulose fibres in wastewater treatment / N. S. A. Rahman, M. F. Yhaya, B. Azahari, W. R. Ismail // *Cellulose*. – 2018. - № 25. – P. 4887-4903.

9. Cascade utilization of lignocellulosic biomass to high-value products / Yanrong Liu, Yi Nie, Xingmei Lu, Xiangping Zhang, Hongyan He, Fengjiao Pan, Le Zhou, Xue Liu, Xiaoyan Ji, Suojiang Zhang // *Green Chem.* – 2019. - № 21. – P. 3499-3535.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ФУРАНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

**В.А. Сивцова<sup>1,2</sup>, Т.Б. Медведева<sup>1</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>**

**<sup>1</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск,**

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

*В данной работе представлен краткий литературный обзор и тенденции по процессам каталитического восстановительного синтеза фурановых производных, 2-метилфурана и 2,5-диметилфурана.*

*This paper a brief literature review and trends in the processes of catalytic reductive synthesis of furan derivatives, 2-methylfuran and 2,5-dimethylfuran were presented.*

Фурановые производные, а именно 2-метилфуран (2-МФ) и диметилфуран (ДМФ), являются соединениями с высокой добавленной стоимостью. Они могут выступать топливными добавками, поскольку имеют высокое октановое число, равное 131 и 114 соответственно.

В качестве субстрата для получения 2-МФ и ДМФ можно использовать их предшественники – фурфурол (ФФ) и 5-гидроксиметилфурфурол (5-ГМФ). Кроме того, 2-МФ и ДМФ можно синтезировать из возобновляемого углеводсодержащего сырья, а именно, моно-, ди- и полисахаридов, путем их каталитического превращения.

Синтез ДМФ и 2-МФ из полисахаридов осуществляется в несколько стадий (Рис.1). На первом этапе, протекает гидролиз полисахаридного сырья до моносахаридов (глюкозы, фруктозы, ксилозы). На втором этапе моносахариды подвергаются дегидратации до 5-гидроксиметилфурфуrolа или фурфуrolа. На третьем этапе, 5-ГМФ или ФФ восстанавливают до целевых продуктов. Несмотря на то, что в литературе представлен широкий ряд работ по синтезу фурановых производных, данные по перспективным катализаторам проведения превращений достаточно противоречивый. В связи с этим целью данной работы является анализ литературных данных для выявления перспективных каталитических систем для синтеза фурановых производных, ДМФ и 2-МФ, с высокими выходами из растительного сырья и его компонентов.

Анализ литературы показал, что типы катализаторов, применяемых для получения фурановых соединений, можно разделить с одной стороны на 1) сплавы и гидроталькитоподобные соединения, 2) нанесенные катализаторы, а с другой на 1) монометаллические, 2) биметаллические.

Нанесенные катализаторы представляют собой закрепленные частицы металла/металлов и/или их оксидов на носителе. В качестве носителей могут выступать углеродные материалы и оксиды. В статье [1] авторы для получения диметилфурана из 5-ГМФ использовали в качестве катализаторов оксидные материалы с закрепленными частицами рутения ( $\text{Ru}/\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Ru}/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Ru}/\text{ZSM-5}$ ). Катализаторы  $\text{Ru}/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Ru}/\text{ZSM-5}$  обладают низкой каталитической активностью. Так, выход целевого продукта находился в диапазоне 5-7%, причем конверсия субстрата достигала 100% (процесс протекал не селективно). В присутствии катализатора  $\text{Ru}/\text{Co}_3\text{O}_4$  выход ДМФ достигал 93,4% с конверсией субстрат 5-ГМФ > 99%. По-видимому, такая разница в активностях катализатора связана с тем, что оксиды переходных металлов могут эффективно расщеплять связь С–О.

В литературе представлен ряд работ, где на носителях закрепляют благородные (Ru, Ir, Pt, Pd, Au) или неблагородные (Fe, Cu, Co) металлы. Так, в работе [2] был приготовлен ряд катализаторов, представляющих собой цеолитный материал NaY с нанесенными на его поверхность металлов Pt, Pd, Rh, Ru, Au, Ni и Cu с целью получения ДМФ из 5-ГМФ. Показано, что каталитическая активность возрастала в ряду катализаторов  $\text{Cu} < \text{Ni} < \text{Au} < \text{Rh} < \text{Pd} < \text{Pt} < \text{Ru}$ . В присутствии катализатора Ru-NaY выход ДМФ составил 78%, причем активность сохранялась на протяжении 5 циклов. В другой работе [3] приготовили серию монометаллических катализаторов Me/C, где Pd<sub>50</sub>, Ru<sub>50</sub>, Pt<sub>50</sub>, Au<sub>50</sub>



нанесенных на углеродный материал. Показано, что катализатор с нанесенными частицами палладия демонстрировал высокую эффективность в превращении 5-ГМФ в ДМФ (выход ДМФ >99,66%).

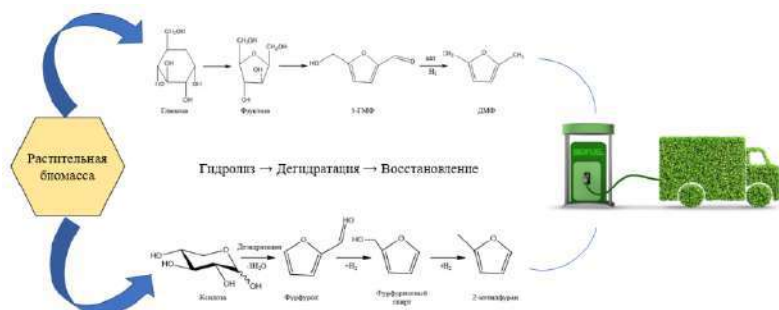


Рис. 1 – Каталитическое превращение лигноцеллюлозной биомассы в ДМФ и 2-МФ

Бренда Ледесмаа и соавторы [4] синтезировали монометаллический Pt-СМК-3 и биметаллические катализаторы состава PtIr-СМК-3 и PtIr-SBA-15, которые обладали высокой удельной площадью поверхности (890-950 м<sup>2</sup>/г). В работе показано, что активность зависит 1) от природы носителя (углеродный материал предпочтительней, чем оксид кремния), 2) состава металлического компонента в катализаторе (биметаллический катализатор активнее монометаллического; высокое содержание металлов в степени окисления 0). Биметаллический катализатор PtIr-СМК-3 показывал высокую селективность по отношению к образованию ДМФ (88%). Выход целевого продукта достигает 86% при конверсии 98%. В другой работе были приготовлены биметаллические катализаторы из неблагородных металлов для получения ДМФ, которые представляли собой инкапсулированные углеродом оксидные частицы с различным соотношением Cu/Co (1/1(5) и 3/1) [5]. Наибольшей каталитической активностью обладал катализатор Cu-Co@C с соотношением Cu/Co, равном 1/3, в присутствии которого был получен ДМФ с выходом 99,4%. Дополнительно авторы синтезировали ряд биметаллических катализаторов, где при синтезе вместо меди были использованы предшественники никеля, цинка, серебра (Ni-Co@C, Zn-Co@C, Ag-Co@C), и вместо кобальта – предшественники никеля, железа, цинка (Cu-Ni@C, Cu-Fe@C, Cu-Zn@C). В присутствии таких каталитических систем выход целевого продукта варьировался от 2,5 до 98%. Каталитическая активность приготовленных биметаллических

систем возрастала в ряду  $\text{Cu-Zn@C} < \text{Cu-Fe@C} < \text{Cu-Ni@C} < \text{Zn-Co@C} < \text{Ag-Co@C} < \text{Ni-Co@C} < \text{Cu-Co@C}$ .

Для получения 2-МФ часто применяют в качестве катализаторов сплавы металлов, например  $\text{Co-Fe-Al}$ ,  $\text{Cu-Al-Co}$ ,  $\text{Cu-Zn-A}$ , в присутствии которых выход целевого соединения может достигать 94% [6-8]. В других работах [9,10] показана, возможность получения 2-МФ из фурфурола в присутствии каталитических систем на основе оксидных материалов (оксиды цинка, кремния) с закрепленными частицами металла, преимущественно меди. Стоит отметить, что синтез 2-МФ в большинстве исследований осуществляется в проточной реакторной системе.

Стоит отметить, что процесс получения фурановых производных может осуществляться в органических растворителях, наиболее предпочтительными являются этанол, пропанол и тетрагидрофуран.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать несколько выводов:

1. В литературе представлен широкий ряд работ по получению 2-МФ и ДМФ из фурфурола и 5-гидрокси-метилфурфурола.

2. С целью получения ДМФ востребованным будет создание нанесенной каталитической системы, состоящей из активного металлического компонента и носителя, представляющего собой углеродный или оксидный материал с развитой поверхностью. Преимуществом при выборе носителя будет использование оксидов переходных металлов. Кроме того, для достижения высоких выходов требуется введение благородного металла, такого как рутений, платина, иридий или палладий.

3. Для осуществления синтеза 2-МФ можно применять каталитические системы, представляющие собой металлический сплав и нанесенные катализаторы. В отличие от синтеза ДМФ в качестве активного металлического компонента можно использовать неблагородные металлы, а именно медь, никель и кобальт.

4. Работ, предполагающих использование в качестве субстрата не 5-ГМФ и ФФ, а моно-, ди- или полисахариды единичны. На сегодняшний день синтез 5-ГМФ осуществляется всего лишь на нескольких малотоннажных заводах, что определяет его высокую стоимость. Поэтому использование 5-ГМФ в качестве субстрата экономически не выгодно. Перспективным представляется создание каталитических систем, позволяющих осуществить синтез фурановых производных из полисахаридного сырья.

Литература:

1. Zu Y., Yang P., Wang J., Liu X., Ren J., Lu G., Wang Y. Efficient production of the liquid fuel 2,5-dimethylfuran from 5-hydroxymethylfurfural over Ru/Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> catalyst // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2014. – Т. 146. – С. 244-248.
2. Nagpure A. S., Lucas N., Chilukuri S. V. Efficient Preparation of Liquid Fuel 2,5-Dimethylfuran from Biomass-Derived 5-Hydroxymethylfurfural over Ru–NaY Catalyst // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. – 2015. – Т. 3, № 11. – С. 2909-2916.
3. Nishimura S., Ikeda N., Ebitani K. Selective hydrogenation of biomass-derived 5-hydroxymethylfurfural (HMF) to 2,5-dimethylfuran (DMF) under atmospheric hydrogen pressure over carbon supported PdAu bimetallic catalyst // *Catalysis Today*. – 2014. – Т. 232. – С. 89-98.
4. Ledesma B., Juárez J., Mazarío J., Domine M., Beltramone A. Bimetallic platinum/iridium modified mesoporous catalysts applied in the hydrogenation of HMF // *Catalysis Today*. – 2021. – Т. 360. – С. 147-156.
5. Chen B., Li F., Huang Z., Yuan G. Carbon-coated Cu-Co bimetallic nanoparticles as selective and recyclable catalysts for production of biofuel 2,5-dimethylfuran // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2017. – Т. 200. – С. 192-199.
6. Zheng H.-Y., Zhu Y.-L., Teng B.-T., Bai Z.-Q., Zhang C.-H., Xiang H.-W., Li Y.-W. Towards understanding the reaction pathway in vapour phase hydrogenation of furfural to 2-methylfuran // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. – 2006. – Т. 246, № 1. – С. 18-23.
7. Sulmonetti T. P., Hu B., Ifkovits Z., Lee S., Agrawal P. K., Jones C. W. Vapor Phase Hydrogenolysis of Furanics Utilizing Reduced Cobalt Mixed Metal Oxide Catalysts // *ChemCatChem*. – 2017. – Т. 9, № 10. – С. 1815-1823.
8. Hutchings G. S., Luc W., Lu Q., Zhou Y., Vlachos D. G., Jiao F. Nanoporous Cu–Al–Co Alloys for Selective Furfural Hydrodeoxygenation to 2-Methylfuran // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2017. – Т. 56, № 14. – С. 3866-3872.
9. Dong F., Zhu Y., Zheng H., Zhu Y., Li X., Li Y. Cr-free Cu-catalysts for the selective hydrogenation of biomass-derived furfural to 2-methylfuran: The synergistic effect of metal and acid sites // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. – 2015. – Т. 398. – С. 140-148.
10. Gong W., Chen C., Fan R., Zhang H., Wang G., Zhao H. Transfer-hydrogenation of furfural and levulinic acid over supported copper catalyst // *Fuel*. – 2018. – Т. 231. – С. 165-171.

## ОБЗОР ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НАТУРАЛЬНОГО КАУЧУКА И СОПУТСТВУЮЩИХ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ КАУЧУКОНОСОВ

**Д.В. Смирнова<sup>1,2</sup>, В.В. Болтенков<sup>2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>, В.Н. Пармон<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Институт катализа им. Борескова СО РАН, г. Новосибирск,  
**gromov@catalysis.ru, vadim\_boltenkov@catalysis.ru**

*В данной работе описаны подходы к применению натурального каучука в промышленности. Изложены данные по культивации альтернативных каучуконосов в СССР и методам извлечения из них каучука*

*This paper describes approaches to the use of natural rubber in industry. Data on the cultivation of alternative rubber plants in the USSR and methods of extracting rubber from them are presented*

Полезные ископаемые являются основой производственного комплекса многих стран мира, однако их месторождения постепенно истощаются, что представляет угрозу для устойчивого развития человечества. Кроме того, добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых, в частности нефти, оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье живых организмов. Альтернативой минеральным полезным ископаемым может стать растительная биомасса – возобновляемый источник энергии и промышленного сырья.

Одним из видов такого сырья является натуральный каучук (НК) – цис-1,4-полиизопрен, содержащийся в более чем 2500 видов растений [1].

На сегодняшний день 90% НК добывается из латекса гевеи бразильской (*Hevea brasiliensis*), произрастающей на плантациях в Юго-Восточной Азии [1]. Гевея бразильская обладает небольшим генетическим разнообразием, из-за чего подвержена заболеванию Южноамериканского грибка листьев (South American Leaf Blight), которое уже поразило множество плантаций в Южной Америке [2]. В связи с этим существует риск гибели плантаций в Юго-Восточной Азии, что может привести к критической нехватке НК в промышленности России и стран мира. Еще одним недостатком латекса гевеи является то, что он содержит в своем составе специфические белки, которые могут вызывать умеренные и сильные аллергические реакции у человека [1].

Благодаря своим свойствам НК находит применение в шинной промышленности, автомобилестроении, строительстве, медицине и производстве швейной и обувной продукции [3]. Натуральный каучук

критически важен для производства шин для летательных аппаратов и большегрузных автомобилей, потому что не может быть заменен синтетическим каучуком из-за лучших механических свойств [4]. При этом с каждым годом спрос на каучук в России и мире только растет: в 2018 году импорт НК в Россию составлял 116,8 тыс. тонн, в 2021 году – 124 тыс. тонн; потребление НК в мире в 2018 году составляло 13764 тыс. тонн, в 2021 году – 14315 тыс. тонн [5, 6]. Вышеприведенные факты позволяют сделать вывод о том, что поиск и исследование альтернативных каучуконосных культур актуальны на сегодняшний день.

В связи с этим, целью данной работы были исследование литературных источников по вопросам культивации альтернативных каучуконосов и промышленным методам извлечения из них каучука, а также исследование содержания целевых продуктов (каучука и инулина) в интродуцированных образцах корней одуванчика кок-сагыз.

Вопросом поиска альтернативных каучуконосов задалась в мире еще перед началом Второй мировой войны. В СССР была запущена программа по развитию собственного производства НК, в ходе которой было изучено 1048 видов отечественной флоры, 609 видов из которых, как было обнаружено, способны синтезировать каучук и каучукоподобные вещества [2]. В ходе исследования этих каучуконосов во Всесоюзном научно-исследовательском институте растениеводства (ВИР) наиболее высокое содержание НК было обнаружено у следующих видов: кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*), крым-сагыз (*Taraxacum hibernum*) и тау-сагыз (*Scorzonera tau-saghyz*). Опыты показали, что с точки зрения введения их в культуру наиболее экономически выгодным является выращивание кок-сагыза [7].

Корни кок-сагыза содержат каучук в жидком некоагулированном и твердом коагулированном состояниях. Содержание НК в корнях кок-сагыза может достигать 27% [7]. Дополнительным преимуществом кок-сагыза является высокое содержание в нем инулина (до 40%) – широко распространенного резервного углерода растительного происхождения [8]. Инулин (полифруктоза) применяется как пребиотик, заменитель сахара, заменитель жира и студнеобразователь в продуктах питания, а также используется для получения этилового спирта [7,9].

До середины XX века в промышленности СССР применялся следующий метод экстракции каучука из свежих корней кок-сагыза. Корни сперва обрабатывались водой в диффузионной батарее для удаления инулина и остальных водорастворимых веществ. Затем для разрушения растительной ткани использовали щелочь, чаще всего гидроксид натрия, после обработки которой отделяли нити каучука. В

результате экстракции образовывалась пульпа с содержанием каучука 8,9% (в % к сухим веществам). Содержание воды в пульпе составляло 96–97%, смол и каучука – до 1%, сухих веществ – 2–3%. Для того, чтобы отделить каучук от частиц тканей корня, пульпу центрифугировали, собирали каучук, а затем сушили его на вальцах и в термостате. Однако, по некоторым данным, щелочь отрицательно влияла на качество получаемого каучука, поэтому были предложены другие методы [7].

Микробиологический метод обработки корней подразумевал применение разрушающих углеводы микроорганизмов после механического разрушения тканей корня в измельчителях. Содержание каучука в пульпе с применением данного метода доходило до 30% к сухим веществам. Этот способ извлечения оказался малоэффективным из-за длительности процесса и специфического неприятного запаха, который не устранился при дальнейшей обработке [7].

По одному из методов, описанному в работе [8], в течение 2 дней после сбора урожая корни нарезались на части толщиной в примерно 0,5 мм. В течение 3 минут после нарезки корни помещались в блендер с 90 мл холодного водного экстракционного буфера (0,1%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и 0,2%  $\text{NH}_3$ ) и измельчались в течение 30 секунд. После этого суспензию фильтровали через сетку диаметром 1 мм. Оставшиеся на фильтре частицы помещали в свежий водный экстракционный буфер и измельчали в течение 30 секунд, затем также пропускали через фильтр. Полученный гомогенат после обеих фильтраций центрифугировали и собирали каучук с поверхности центрифужных пробирок. Центрифугирование проводили еще 3 раза при тех же условиях [8].

Получение латекса из корней кок-сагыза основано на резке корней и вымывании латекса из млечных сосудов. Нарезка корней осуществляется в жидкости, предотвращающей латекс от коагуляции. После резки корни отмывают от латекса. При этом первая приемочная жидкость содержит 0,5%  $\text{NH}_3$ , 0,1% казеина и 0,05% олеиновой кислоты; 2-ая приемочная жидкость для промывки корней содержит 0,4%  $\text{NH}_3$  и 0,1% казеина; 3-я приемочная жидкость для промывки корней содержит 0,1 %  $\text{NH}_3$ ; 4-я приемочная жидкость применяется для улавливания  $\text{NH}_3$  и представляет собой чистую воду. После отмывки изрезанные корни с помощью элеватора подаются в центрифугу, где они отжимаются и промываются. За этим следует этап отделения мелкой взвеси: латексу либо дают сутки отстояться, либо отправляют на центрифугу-сепаратор. Полученный латекс необходимо очистить и сконцентрировать, чтобы его можно было использовать в качестве сырья в промышленности [7].

Литература:

1. Mooibroek H., Cornish K. Alternative sources of natural rubber // Applied Microbiology Biotechnology. – 2000. – Vol. 53. – P. 355–365.
2. *Parthenium argentatum* A. Gray, *Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin и *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse как альтернативные источники натурального каучука: нужны ли они нам? (обзор) / А.Ю. Америк, Л.Ю. Мартиросян, В.В. Мартиросян, Ю.Ц. Мартиросян // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 1. – С. 3-26.
3. Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review / A. Ali Shah, F. Hasan, Z. Shah, N. Kanwal, S. Zeb // International Biodeterioration & Biodegradation. – 2013. – Vol. 83. – P. 145-157. – doi: doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.05.004.
4. Van Beilen J. B., Poirier Y. Guayule and Russian Dandelion as alternative sources of natural rubber // Critical Reviews in Biotechnology. – 2007. – Vol. 27, iss. 4. – P. 217–231. – doi: 10.1080/07388550701775927.
5. Производство синтетических каучуков в Российской Федерации и за последние десять лет. Краткие итоги / В.И. Аксенов, В.Л. Золотарев, А.В. Мальгин, А.И. Рахматуллин // Производство и использование эластомеров. – 2015. – №1. – С. 10–17.
6. Аксёнов В.И., Насыров И.Ш. Производство синтетического каучука в России: анализ итогов за 2022 г. и перспективы развития (обзор) // Производство и использование эластомеров. – 2023. – №1. – С. 3–14.
7. Кулуев Б.Р., Минчиков Н.Д., Гумерова Г.Р. Кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin): методы выделения каучука и перспективы использования биотехнологических подходов // Биотехнология и селекция растений. – 2019. – Т.2, №2. – С. 33–43. – doi: 10.30901/2658-6266-2019-2-33-43.
8. Buranov A.U., Elmuradov B.J. Extraction and Characterization of Latex and Natural Rubber from Rubber-Bearing Plants // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58, iss. 2. – P. 734–743. – doi: 10.1021/jf903096z.
9. Технология инулина и его производных для получения функциональных ингредиентов диетического и лечебно-профилактического назначения / Т.С. Пучкова, В.А. Бызов, Д.М. Пихало, О.М. Карасева // Всё о мясе. – 2020. – №55. – С. 273–280. – doi: 10.21323/2071-2499-2020-5S-273-280.

## ПРЕВРАЩЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В НИЗШИЕ ПОЛИОЛЫ В ПРИСУТСТВИИ МАССИВНЫХ W-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

М.С. Школдина<sup>1</sup>, Т.Б. Медведева<sup>2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,

г. Новосибирск, gromov@catalysis.ru

*В данном исследовании были приготовлены три линейки каталитических W-содержащих систем для процесса гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы в низшие полиолы. Показано, что в присутствии Ni-W/C-400, представляющего собой инкапсулированные углеродом частицы металлического никеля и оксида вольфрама, можно достичь выхода этиленгликоля, равного 59 мол.% при конверсии субстрата 98%.*

*In this study, three series of catalytic W-containing systems were prepared for the process of hydrolysis-hydrogenolysis of cellulose to C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> polyols. It is shown that in the presence of Ni-W/C-400, which is carbon encapsulated particles of metallic nickel and tungsten oxide, ethylene glycol yields of 59 mol% can be achieved with a substrate conversion of 98%.*

Растительная биомасса представляется альтернативным сырьем для нефтехимической отрасли и энергетики. Преимуществами растительных ресурсов перед ископаемыми является его возобновляемость. В зависимости от типа биомассы в ней может содержаться до 85% полисахаридов, что делает ее переработку актуальным и привлекательным направлением исследований. В качестве источников сырья растительной биомассы могут выступать отходы деревообрабатывающей промышленности и сельского хозяйства, а также бытовые отходы (макулатура). Из растительной биомассы можно получить ряд ценных химических продуктов, например, низшие полиолы – этиленгликоль (ЭГ) и 1,2-пропиленгликоль (ПГ).

ЭГ и ПГ применяются при производстве пластмассы, автомобильных антифризов, незамерзающих жидкостей, лекарственных средств. ЭГ и ПГ могут быть получены из растительной биомассы и/или ее компонентов путем их каталитического гидролиза-гидрогенолиза. Процесс гидролиз-гидрогенолиза протекает в две стадии: 1 – гидролиз полимеров до мономеров, 2 – ретроальдольное расщепление мономеров с последующим восстановлением в ЭГ и ПГ. В качестве катализаторов могут быть использованы двухкомпонентные каталитические системы, состоящие из механической смеси катализаторов, обладающих кислотно-основными центрами и металлическими центрами восстановления, а также однокомпонентные бифункциональные каталитические системы,



на поверхности которых одновременно присутствуют как кислотные центры, так и металлические. Каталитическая система каждого типа может состоять из одного, двух или триметаллических катализаторов. Анализ литературных данных показал, что для расщепления С-С связей в скелете моносахаридов используют W-содержащие каталитические системы, а катализаторами восстановления могут выступать частицы рутения, никеля, меди.

Целью данной работы является разработка массивных каталитических систем на основе Ni-W, Cu-Ni-W и Cu-W для процесса гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы в низшие полиолы.

В ходе работы были приготовлены системы Ni-W/C, Ni-Cu-W/C и Cu-W/C. Кроме того, был синтезирован образец 9%Ni/Sib-3, представляющий собой углеродный материал Сибунит-3 с нанесенными на его поверхность частицами никеля.

Процесс гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы проводили в автоклаве высокого давления в диапазоне температур 190-250 °С, давлении водорода 50 атм и при постоянном перемешивании 1000 об/мин в течение 90-180 мин. Концентрацию W-содержащего катализатора и 9%Ni/Sib-3 варьировали от 2,5 до 7,5 г/л и 3,3 до 10 г/л соответственно. В ходе эксперимента отбирали пробы для анализа на ВЭЖХ (0; 15; 30; 60; 90 мин).

На первом этапе была испытана линейка катализаторов Cu-W/C. Использование смеси катализаторов Cu-W/C-650 + 9%Ni/Sib-3 (3,3 г/л) позволяет получить суммарные выходы ЭГ и ПГ, не превышающие 15 мол.%. Стоит отметить, что в качестве побочного продукта было зафиксировано значительное количество сорбитола (до 32 мол.%). В присутствии смеси Cu-W/C-500 + 9%Ni/Sib-3 (3,3 г/л) удается получить ЭГ и ПГ с выходами 33 и 9,5 мол.%. Увеличение загрузки катализатора 9%Ni/Sib-3 с 3,3 до 6,6 г/л позволяет повысить суммарный выход гликолей до 47 мол.% за 1,5 ч. При уменьшении температуры синтеза катализатора Cu-W/C с 500 до 400 °С выход гликолей равен 56 мол.%, что, по-видимому, связано с фазовым составом катализаторов (наличие фазы  $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Таким образом, каталитическая активность для катализаторов Cu-W/C возрастает в ряду  $\text{Cu-W/C-650} < \text{Cu-W/C-500} < \text{Cu-W/C-400}$ . Среди представленной линейки катализаторов наиболее перспективным является каталитическая смесь Cu-W/C-400+9%Ni/Sib-3, в присутствии которой достигается наибольшие выходы ЭГ и ПГ, равные 49 и 7 мол.%.

На втором этапе была испытана серия катализаторов Ni-W/C, отличающаяся температурой прокаливания при синтезе. Наиболее перспективным катализатором представляется Ni-W/C-400. В

присутствии Ni-W/C-400 удается получить выход ЭГ 59 мол.%. Выход ПГ составил 7 мол.%. Испытания катализаторов Ni-Cu-W/C-400 показали, что активность таких систем зависит от соотношения Ni/Cu в составе катализатора. Так, при соотношении Ni/Cu, равном 1/1, выход ЭГ составил лишь 28 мол.%. Снижение количества меди (соотношение Ni/Cu равном 8,3/1) в составе катализатора позволяет получить ЭГ с выходом 44 мол.%. Однако, в отсутствие меди (Ni-W/C-400) достигаются большие выходы гликолей. Таким образом, допирование катализатора Ni-W/C-400 медью не приводит к повышению выхода целевых продуктов.

Поскольку наиболее перспективной каталитической системой является катализатор Ni-W/C-400, то в присутствии этой системы проводили изучение влияния температуры на процесс гидролиза-гидрогенолиза целлюлозы и загрузки Ni-W/C-400. Продемонстрировано, что оптимальной температурой представляется 240 °С. При такой температуре достигается наибольшие выходы целевых продуктов. При снижении температуры процесса наблюдается резкое уменьшение выходов ЭГ и ПГ. Так, при 190 °С удается достичь суммарного выхода гликолей лишь 18 мол.%. Повышение температуры до 250 °С также приводит к снижению выхода целевых продуктов. Изучение по влиянию загрузки катализатора Ni-W/C-400 на исследуемый процесс показало, что оптимальной концентрацией катализатора является 5 г/л.

## **РАЗРАБОТКА Mo@SBA-15 КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ**

**М.Е. Быкова**

**Сибирский федеральный университет,  
Институт химии и химической технологии СО РАН,  
г. Красноярск, [bykovarita2000@gmail.com](mailto:bykovarita2000@gmail.com)  
Научный руководитель: Зайцева Ю.Н., к.х.н., н.с. ИХХТ СО  
РАН**

*Синтезированы две серии Mo-содержащих катализаторов (методами соконденсации и импрегнирования) с использованием SBA-15 в качестве подложки. Катализаторы исследованы комплексом физико-химических методов. Каталитические свойства испытаны в процессе окисления гемицеллюлозы древесины осины. Катализаторы, полученные методом*

совместной конденсации, не проявили, характерной для мезопористых материалов и их катализаторам, структурированности и однородности. Максимальный выход муравьиной кислоты 17,6 масс.% достигнут на катализаторе, содержащем 5 масс.% Mo, полученного методом импрегнирования (150 °C, 3ч).

*Two series of Mo-containing catalysts have been synthesized (by co-condensation and impregnation methods) on mesoporous mesostructured SBA-15 material. The catalysts were investigated by a complex of physico-chemical methods. The catalytic properties were tested during the oxidation of hemicellulose of aspen wood. The catalysts obtained by the method of joint condensation did not show the structure and uniformity characteristic of mesoporous materials and their catalysts. The maximum yield of formic acid is 17.6 wt. % (150 °C, 3h) and was achieved on a catalyst containing 5 wt. % Mo obtained by impregnation.*

Уменьшение запасов доступных и высококачественных ископаемых источников углеводородов, постоянный рост энергопотребления требует расширения исследований новых технологий и поиск альтернативной сырьевой базы для устойчивого развития промышленности и энергетики. Среди перспективных альтернативных источников следует выделить лигноцеллюлозную растительную биомассу. Благодаря высокой степени возобновляемости и практической неисчерпаемости может быть использована в качестве практически неисчерпаемого источника сырья для производства материалов, биотоплива и необходимых химических соединений. Преобразование лигноцеллюлозной биомассы имеет положительное воздействие на окружающую среду, так как позволяет справиться с проблемой парникового эффекта. [1].

Одним из перспективных направлений комбинированной переработки лигноцеллюлозы является процесс гидролиза-окисления. Этот процесс позволяет получить ряд ценных химических веществ с высоким потенциалом применения в топливной и химической промышленности, например, муравьиную кислоту [1].

Использование бифункциональных катализаторов, содержащих в составе одной частицы как кислотно-основные, так и окислительно-восстановительные активные центры, в одностадийных процессах способствует увеличению селективности реакции. Мезопористые мезоструктурированные силикаты (ММС), благодаря своим текстурным и структурным характеристикам привлекают внимание исследователей в качестве носителей каталитических центров. Катализаторы, полученные на основе носителя SBA-15 показывают хорошие результаты в органическом катализе. Молибденсодержащие катализаторы известные, как катализаторы «зеленой химии», являются перспективными бифункциональными катализаторами, в том числе и для получения муравьиной кислоты из биомассы.

Целью данной работы является синтез и исследование молибденсодержащих катализаторов на основе SBA-15 и исследование их в каталитическом окислении гемицеллюлозы древесины осины для получения муравьиной кислоты.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Получение молибденсодержащих катализаторов на основе носителя SBA-15.

2. Определение методами рентгенофазового анализа, низкотемпературной адсорбции азота и ИК-спектроскопии, свойств носителя и полученных катализаторов.

3. Исследование катализатора в процессе каталитического окисления гемицеллюлозы древесины осины.

С использованием гептамолибдата аммония  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , в качестве источника молибдена, методами совместной конденсации и импрегнирования, были получены катализаторы Mo@SBA-15 с содержанием Mo – 5 масс.%. Метод импрегнирования проводили по влагоемкости носителя и в условиях избытка растворителя, так же варьировалась среда поведения синтеза (лимоннокислая, солянокислая и нейтральная среды). Сококонденсацию проводили при разных соотношениях кремния и молибдена.

Рентгенофазовый анализ проводили в малоугловой области и в области дальних углов. Сделаны выводы о сохранности структуры и рентгеноаморфности катализаторов, синтезированных методом импрегнирования. Для образцов полученных сококонденсацией не наблюдалось сохранение мезоструктуры. Регистрацию рентгенограмм проводили с использованием рентгеновского дифрактометра X'Pert PRO (PANalytical), с  $\text{CuK}\alpha$  излучением. Текстульные свойства образцов изучены методом низкотемпературной адсорбцией-десорбцией азота на анализаторе ASAP 2420 (Micromeritics). Молибденсодержащие катализаторы имеют меньшую площадь поверхности, объем и диаметр пор по сравнению с SBA-15, что объясняется осаждением молибдена на пористую поверхность силиката, параметр решетки при этом практически не изменяется. Данные ИК-спектроскопии позволяют оценить относительные положения молекул, характер связи между ними, что является принципиально важным параметром для изучения структурно-информационных свойств полученных катализаторов.

Для каталитического исследования использовали катализатор, полученный в лимоннокислой среде методом импрегнирования по влагоемкости (Mo/SBA-15(л\_вл)). В реактор загружали 0,15 г катализатора, добавляли 50 мл гидролизата осины. Эксперименты проводили при температурах 120 °С, 150 °С, 180 °С в течение 3 часов,

скорость перемешивания реакционной смеси -1200 об/мин, давление - 40 бар. Во время эксперимента отбирались пробы для хроматографического анализа. На рисунке 2 приведены данные выхода муравьиной кислоты. Максимальный выход муравьиной кислоты составил 17,6 масс. %.

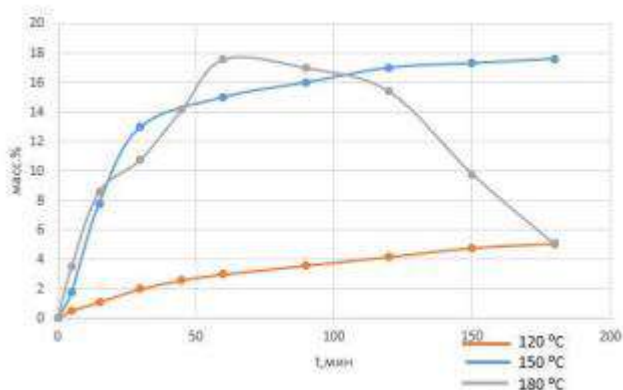


Рис. 1 - Динамика накопления муравьиной кислоты

**Таблица 1 – Выход продуктов при окислении гемицеллюлозы древесины осины, масс. %**

Катализатор	Муравьиная кислота	Левулиновая кислота	Уксусная кислота	Олигосахариды	Гуминовые вещества	CO <sub>2</sub>
Mo 1-1	17,6	4	5,6	27,8	9,4	35,8

В работе получены молибденсодержащие катализаторы на носителе SBA-15. Носитель и катализаторы были охарактеризованы комплексом физико-химических методов. Катализатор, полученный методом импрегнирования в лимоннокислой среде, был испытан в реакции каталитического окисления гемицеллюлозы древесины осины и показал достаточно высокую активность при температурах 150 и 180 °C о чем свидетельствует крутой угол наклона кривой накопления. При температуре 180 °C образующаяся кислота быстро разлагается, новая не успевает образоваться, поэтому максимальный выход (17,6 масс. %) достигается через 60 минут с начала опыта, далее выход снижается. Установлено, что оптимальная температура проведения процесса - 150 °C, максимальный выход муравьиной кислоты - 17,6 масс. %.

Автор выражает благодарность сотрудникам ИХХТ СО РАН д.х.н. Барышникову С.В., к.т.н. Ереминой А.О., к.х.н. Новиковой С.А., Сычеву В.В. за помощь в проведении экспериментов.

#### Литература:

1. Получение муравьиной кислоты из полисахаридов и биомассы одностадийным гидролизом-окислением в присутствии растворимых катализаторов Мо-V-P гетерополикислот / Н. В. Громов, Т. Б. Медведева, Ю. А. Родикова, А. В. Пестунов, Е. Г. Жижина, О. П. Таран // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. - 2018. - Т. 11, № 1. - С. 56-71.
2. Моно- и биметаллические  $\text{Mo(W)S}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - и  $\text{Mo(W)S}_2/\text{SBA-15}$ -катализаторы гидроочистки на основе  $\text{SiMo}_{12}$ - и  $\text{SiW}_{12}$ -гетерополикислот / М. С. Никульшина, А. В. Можаяев, А. А. Шелдаисов-Мещеряков, П. А. Никульшин // Нефтехимия. - 2017. - Т. 57, № 6. - С. 680-686.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОГО ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА НА CU-СОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ СО СТРУКТУРОЙ ZSM-5

**А.А. Догадаева, В.В. Никишаева, В.В. Болтенков,**

**С.А. Яшник, Н.В. Громов, В.Н. Пармон**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,**

**г. Новосибирск, dogadaeva.2020@corp.nstu.ru**

*В данной работе был проведен анализ литературных источников по теме прямого окисления метана пероксидом водорода в мягких условиях на Cu-содержащих цеолитных катализаторах со структурой ZSM-5, созданных с использованием биомиметического подхода.*

*In this work we analyzed literature sources on the topic of direct oxidation of methane by hydrogen peroxide under mild conditions on Cu-containing zeolite catalysts with ZSM-5 structure, created using biomimetic approach.*

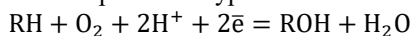
На сегодняшний день не существует эффективного способа переработки метана в химические продукты. В основном он используется в качестве топлива. В связи с этим, реализация низкоэнергетических процессов валоризации метана позволит вовлечь в получение ценных химических продуктов (таких как метанол, формальдегид и муравьиная кислота) его новые источники.

Проблема химической переработки метана заключается в функционализации связи C–H, так как по своей природе она инертна и обладает значительной энергией диссоциации (105 ккал/моль). Как

пишут в своей работе Шилов и Штейман [1] наиболее экологичным и экономически выгодным процессом является каталитическое окисление молекулярным кислородом. Однако остается не решенной проблема активации молекулы окислителя. Использование радикальных реакций могло бы помочь обойти эту проблему, однако, в то время как радикальные реакции с отрывом атома Н являются наиболее типичными для алканов, на отрыв атома Н от метана способны только наиболее активные частицы, например радикалы  $\text{HO}\cdot$ ,  $\text{MeO}\cdot$  или  $\text{O}\cdot$ . Неконтролируемое развитие процессов с участием этих радикалов приводит к сгоранию или взрыву в результате развития цепных реакций [1]. В это же время, существующие на данный момент процессы контролируемого неполного окисления метана являются высокотемпературными и недостаточно селективными [2].

Существует альтернативный подход к функционализации метана. Бактерии метанотрофы способны перерабатывать метан для получения энергии, с использованием ферментов метанмонооксигеназ и с образованием метанола.

Метанмонооксигеназы способны катализировать окисление молекулярным кислородом в присутствии восстановителя в соответствии со стехиометрическим уравнением



Существуют два вида метанмонооксигеназ, растворимая метанмонооксигеназа (sММО), активным центром которой является биядерный железный центр и нерастворимая мембраносвязанная метанмонооксигеназа (pММО) (рис.1), в качестве активного центра которой рассматривается кластер меди. В отличие от sММО, pММО обладает большей субстрационной специфичностью, регио- и стереоселективностью [1].

Автор работы [3] указывают на то, что наиболее распространенным типом, обнаруженным почти у всех метанотрофов, является pММО. Растворимая ММО (sММО) экспрессируется несколькими штаммами метанотрофов в условиях ограниченного доступа меди, когда образование pММО невозможно.

Несмотря на то, что споры о строении активного центра pММО ведутся до сих пор. Одним из вероятных кандидатов является биядерный кластер меди, который находится в рmoB2 субъединице метанмонооксигеназы [3].

Подобную биядерную схему строения активного центра для катализаторов функционализации метана кислородом воздуха использовали в работе [4]. Авторы установили, что активный центр меди, нанесенный на ZSM-5 (рис.2) взаимодействует с кислородом и после

серии превращений образует металл-окисильный интермедиат  $\text{Cu}^{\text{III}}\text{O}$ , реакционная способность которого сопоставима с реакционной способностью сильного кислородного радикала [1].

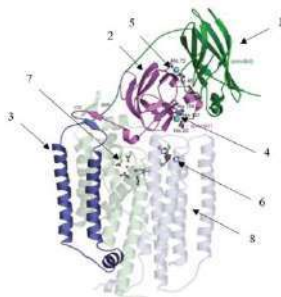


Рис. 1. 1 – spmoB1(spmoBd1) – Аминоконцевой купредоксинавый домен; 2 – spmoB2(spmoBd2) – Карбоксиконцевой купредоксинавый домен; 3 – трансмембранные спирали (pmoA); 4 – биядерный центр меди; 5 – моноядерный центр меди; 6 – ион цинка (который соержит биядерный центр); 7 – участок предполагаемого нахождения тримедного центра; 8 – pmoC [3]

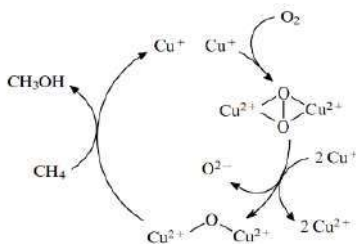


Рис. 2 – Схема окисления метана на цеолитном катализаторе С

Альтернативным из возможных вариантов строения активного центра является предложенный в работе [5] трехъядерный кластер меди, предположительно расположенный в пустой полости pmoA (рис.1). Авторы работы [5] указывают на то, что трехъядерный кластер при активации кислородом может обеспечить легкий перенос атома О в молекулу метана. Подобная модель строения предполагает более простой путь его гидроксильирования.



Использование пероксида водорода для активации метана в неорганических каталитических системах может проводиться с оглядкой на природные ферментативные системы. В работе [6] приводится схему окисления метана на цеолите ZSM-5 (рис. 3). Авторы предполагают, что активация метана происходит на биядерном железном центре. Окисление метана в метанол протекает через образование метилгидропероксида ( $\text{CH}_3\text{OOH}$ ), который в дальнейшем может доокисляться до метанола, муравьиной кислоты и  $\text{CO}_2$ . По мнению авторов, медь в составе катализаторов не вносит существенного вклада в конверсию метана, однако она работает как ловушка радикалов, препятствуя доокислению метанола до более глубоких продуктов окисления. Однако авторы в работе [7] показали, что медь способствует конверсии метана и участвует непосредственно в каталитической реакции. Такие противоречивые данные требуют дополнительных усилий в исследовании процесса пероксидного окисления метана на медь-содержащих катализаторах.

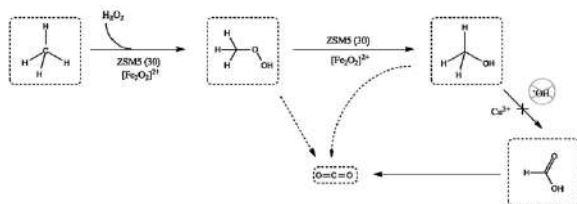


Рис. 3 – Схема реакции окисления метана на катализаторе

Z  
S

Таким образом, несмотря на то, что процесс пероксидного окисления метана еще далек от промышленной реализации, исследование по данной теме представляет большой интерес, так как позволит решить проблемы функционализации связи С-Н в метане и разработки катализатора для его селективного окисления, а установление структуры растворимой и мембраносвязанной метанмонооксигеназы может помочь при создании эффективных катализаторов с использованием принципов биомиметики.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 17-73-30032.

Литература:

1. Шилов, А. Е. Проблема гидроксирования метана: биомиметический подход / А. Е Шилов, А. А. Штейнман // Успехи химии. - 2012. - Т. 81. - №. 4. - С. 291-316.
2. Крылов, О. В. Парциальное каталитическое окисление метана в кислородсодержащие соединения / О. В. Крылов // Успехи химии. - 1992. - Т. 61. - №. 11. - С. 2040-2061.
3. Balasubramanian R. et al. Oxidation of methane by a biological dicopper centre // Nature. – 2010. – Т. 465. – №. 7294. – С. 115-119.
4. Woertink J. S. et al. [Cu<sub>2</sub>O]<sup>2+</sup> core in Cu-ZSM-5, the active site in the oxidation of methane to methanol // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2009.
5. Wang V. C. C. et al. Alkane oxidation: methane monooxygenases, related enzymes, and their biomimetics // Chemical reviews. – 2017. – Т. 117. – №. 13. – С. 8574-8621.
6. Xu, Jun ; Armstrong, Robert D. ; Shaw, Greg et al. / Continuous selective oxidation of methane to methanol over Cu- and Fe-modified ZSM-5 catalysts in a flow reactor. In: Catalysis Today. 2016 ; Vol. 270. pp. 93-100.
7. Yashnik S. A. et al. Methane oxidation by H<sub>2</sub> O<sub>2</sub> over different Cu-species of Cu-ZSM-5 catalysts // Topics in Catalysis. – 2020. – Т. 63. – С. 203-221.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ  
ОРГАНИЧЕСКОГО КРАСИТЕЛЯ МЕТИЛОВОГО  
ОРАНЖЕВОГО В ВОДНОЙ СРЕДЕ МЕТОДОМ  
ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ В ПРИСУТСТВИИ  
КАТАЛИЗАТОРОВ СО СТРУКТУРОЙ MeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Целлюлоза  
(Me = Mn, Co, Mg, Cu)**

**Л.В. Истомина<sup>1</sup>, Т.И. Мищенко<sup>2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>**

**<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет**

**<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,**

**г. Новосибирск, n.v.gromov@corp.nstu.ru**

*В данной работе рассматривается проблема загрязнения сточных вод красителем метиловый оранжевым (МО), методы его утилизации из сточных вод, показана перспективность деструкции МО методом пероксидного окисления в присутствии катализатора CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/СМС*

*This paper considers the problem of wastewater pollution with methyl orange dye (MO), methods of its disposal from wastewater, shows the prospects for the destruction of MO by peroxide oxidation in the presence of a catalyst with  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$*

XXI век богат разнообразием открытий красителей нового поколения, широко применяемых в различных отраслях промышленности, в том числе текстильной, кожевенной, печатной, а также в медицине и аналитической химии. Современные красители сложной химической структуры устойчивы к воздействию света, влаги и температуры. В текстильных стоках концентрация красителей не превышает 10-50 мг/л. Однако ежегодный сброс красителей текстильной промышленностью составляет, примерно, 15% в виде стоков от общего количества красителей, используемых в процессе окрашивания. Это соответствует приблизительно 1000000 кг красителей. Из-за потенциальной токсичности многих красителей и их негативного воздействия на окружающую среду удаление красителей из стоков стало объектом пристального внимания [1-3]. Наибольшую опасность представляют устойчивые экотоксиканты, способные долгое время сохраняться в окружающей среде [4]. Примером такого вещества является органический анионный азокраситель метиловый оранжевый (МО), чрезвычайно вредный для окружающей среды [5, 6].

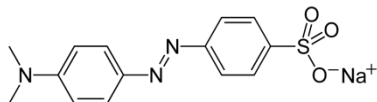


Рис. 1 – химическая формула и внешний вид красителя метилового оранжевого (МО)

Присутствие в сточных водах МО приводит к обретению характерного цвета водоемов, что влечет за собой изменение светопрозрачности водоема и нарушению процесса фотосинтеза в местной экосистеме [7]. Так как МО является токсичным и имеет широкое применение, встает вопрос о правильном и эффективном методе утилизации красителя из сточных вод.

На сегодняшний день для утилизации красителей из сточных вод, в том числе МО, разработано большое количество методов: физических, биологических, химических, а также их комплексное применение [8]. Наиболее эффективным и перспективным методом считается жидкофазное пероксидное окисление в присутствии катализаторов.

Преимуществами данного метода является невысокая температура реакционного процесса (20°C), а также применение экологически чистого окислителя – пероксида водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) [9, 10].

Целью работы являлось исследование процесса утилизации МО методом жидкофазного пероксидного окисления в присутствии катализаторов с активным компонентом MeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, нанесенным на целлюлозные носители различного происхождения. В качестве Me изучались Mn, Co, Mg и Cu.

В связи с поставленной целью решались следующие задачи: выявление наиболее эффективных (целлюлозного носителя и активного компонента) катализаторов; определение оптимальных условий процесса деструкции для пероксидного окисления МО.

В ходе работы было синтезировано 7 катализаторов, отличающихся активным компонентом и природой носителя (таблица 1). Катализаторы синтезированы на базе Института катализа СО РАН.

**Таблица 1 — Перечень синтезированных катализаторов**

Катализатор	Активный компонент	Носитель	Дополнительная информация
MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CCH1	Mn	CCH1	Cellulose Cotton Hydrolyzed
MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CCH2	Mn	CCH2	Cellulose Cotton Pharmaceutical Hydrolyzed
MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CMCH	Mn	CMCH	Cellulose Microcrystalline Hydrolyzed
MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CMC	Mn	CMC	Cellulose Microcrystalline
CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CMC	Co	CMC	Cellulose Microcrystalline
MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CMC	Mg	CMC	Cellulose Microcrystalline
CuFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /CMC	Cu	CMC	Cellulose Microcrystalline

Химический состав предшественников: FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, MnCO<sub>3</sub>, CoCO<sub>3</sub>, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, MgCO<sub>3</sub>.

Исследования проводились на установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 2. Условия проведения экспериментов: в стеклянный реактор помещалась смесь 75 мл МО с концентрацией 6,25 \* 10<sup>-5</sup> моль/л и 18 мл пероксида водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) с концентрацией 10,3

моль/л, добавлялось 30 мг катализатора. Процесс проводили при температуре 20°C, с непрерывным перемешиванием (700 об/мин), под действием солнечного света. В течении трех часов отбирались пробы для определения концентрации красителя МО спектрофотометрическим методом. Эффективность катализатора подтверждалась понижением цветности раствора. На первом этапе проводились исследования для определения наиболее эффективного катализатора: носитель и активный компонент в твердом оксиде замещения. Изучалось влияние pH реакционной смеси на процесс пероксидного окисления МО в присутствии катализатора  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ .

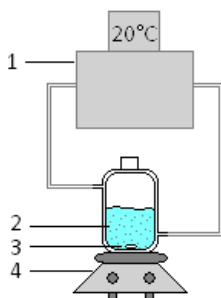


Рис. 2 – Принципиальная схема каталитической установки: 1 – циркуляционный криотермостат; 2 – реактор с реакционной смесью; 3 – мешалка; 4 – магнитная мешалка.

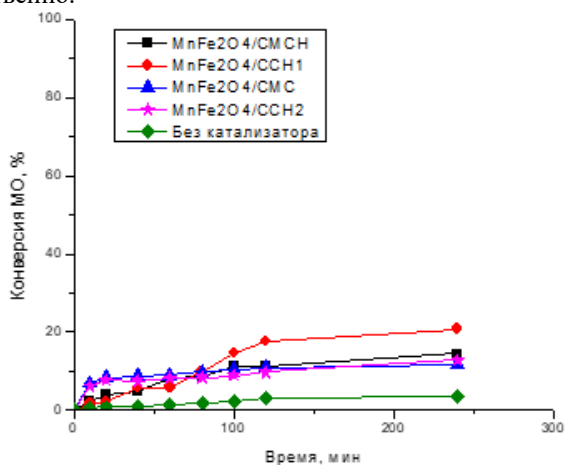
Результаты исследования катализаторов представлены на рисунках 3 - 4.

Влияние носителя и активного компонента в твердых оксидах замещения в исследованиях процесса пероксидного окисления МО изучалось в условиях естественной кислотности  $\text{pH}=5,0 (+/-0,2)$  реакционной среды, рисунок 3-а,б. Экспериментальные данные показали, что степень превращения МО в присутствии катализаторов на основе  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  с различными носителями находится в узком диапазоне 9 – 20% к трем часам реакционного времени, рисунок 3-а.

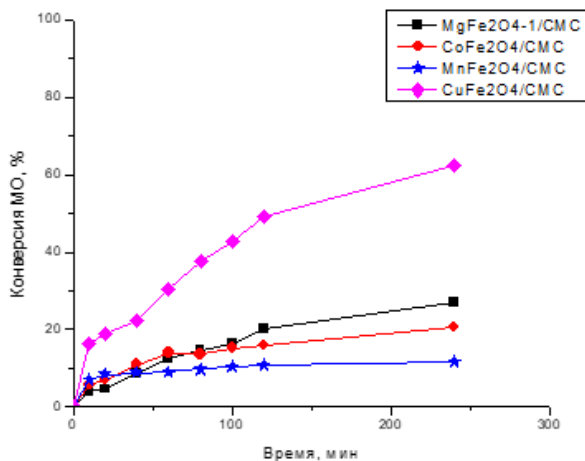
Выявлено, что существенное влияние оказывал активный компонент в катализаторе, рисунок 3-б. Так в присутствии образца  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$  к трем часам реакционного времени конверсия МО достигала 63%. Каталитическая активность снижалась в ряду  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC} > \text{MgFe}_2\text{O}_4/\text{CMC} > \text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CMC} > \text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ , и конверсия уменьшалась от 63% к 27%, 21% и 10%, соответственно.

Влияние кислотности среды на процесс пероксидного окисления МО изучалось в присутствии катализатора  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ , результат представлен на рисунке 4. Кислая и щелочная реакционные среды

устанавливали с добавлением азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ) и раствора  $\text{NaOH}$  1М, соответственно.



а)



б)

Рис. 3 – Зависимость конверсии МО от времени реакции в процессе пероксидного окисления в присутствии катализаторов. а) разные носители -  $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{CCH1}$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{CCH2}$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{CMCH}$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ ; б) разные активные компоненты -  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ ,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ ,  $\text{MgFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$

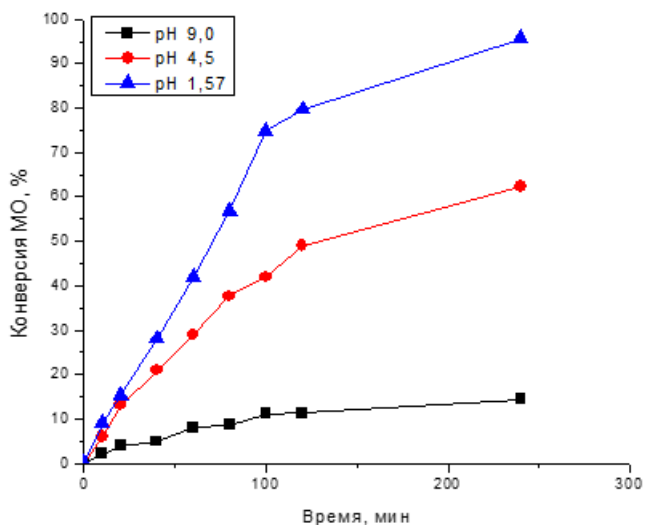


Рис. 4 – Зависимость конверсии МО от времени реакции в процессе пероксидного окисления в присутствии катализатора  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$  для различной кислотности среды

Влияние кислотности среды на превращение МО существенно, с понижением кислотности реакционной среды до  $\text{pH}=1,57$  конверсия МО возрастала до 96% ко времени реакции 3 часа, и снижалась до 63% и далее к 12% с повышением  $\text{pH}$  реакционной смеси к 5 и до  $\text{pH}=9$ , соответственно. Возможным объяснением такой сильной зависимости от кислотности среды кроется в природе самого красителя: МО относится к классу основных красителей, что объясняет повышенную реакционную способность МО в кислой среде.

#### Выводы

1. В присутствии всех катализаторов наблюдается снижение концентрации красителя МО.
2. Наибольшей эффективностью обладал катализатор  $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{CMC}$ .
3. В ходе исследования была достигнута высокая степень превращения красителя (96%).

#### Литература:

1. Fangmin H., Li C., Honglin W.Zongcheng Y. Analysis of the degradation mechanism of methylene blue by atmospheric pressure dielectric

barrier discharge plasma // *Chemical Engineering Journal*. - 2010. - V. 162. - P. 250-256.

2. Hajjaji M.H. E. A. Adsorption of methylene blue and zinc ions on raw and acid-activated bentonite from Morocco // *Applied Clay Science* -2009. - V. 46. - N. 4. - P. 418-421.

3. Oladoye P. O., Ajiboye T. O., Omotola E. O.Oyewola O. J. Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater // *Results in Engineering*. - 2022. - V. 16. - P. 100678.

4. Wu, Lijuan & Liu, Xuewen & Lv, Guocheng & Zhu, Runliang & Tian, Lintao & Liu, Meng & Li, Yuxin & Rao, Wenxiu & Liu, Tianming & Liao, Libing. (2021). Study on the adsorption properties of methyl orange by natural one-dimensional nano-mineral materials with different structures. *Scientific Reports*. 11. 10640. 10.1038/s41598-021-90235-1.

5. Ельников, Д.А. Очистка сточных вод от синтетических и органических красителей отходом производства дисахаридов. Автореф. дисс...канд. техн. наук: 03.02.08 –Пенза, 2013. – 19 с.

6. Улахович Н. А., Кутырева М. П., Медянцева Э. П.Бабкина С. С. Экотоксиканты // Учебно-методическое пособие для лекционного курса «Химия в экологии». - 2010. - P. 56.

7. Третьякова А. Е., Черногорцев Е. А.Сафонов В. В. Исследование условий очистки сточных вод от водорастворимых красителей с помощью волокнообразующих полимеров // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. - 2016. - V. 2. - N. 362. - P. 127-132.

8. Джубари М.К., Алексеева Н.В., Базиани Г.И., Таха В. С. МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД // *Известия ТПУ*. 2021. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-udaleniya-pigmentov-iz-stochnyh-vod> (дата обращения: 06.11.2023).

9. Намвунде А. Ш., Перешивко О. П., Конькова Т. В.Либерман Е. Ю. Жидкофазное каталитическое окисление щавелевой кислоты // *Успехи в химии и химической технологии*. - 2009. - V. 23. - N. 10. - P. 28-32.

10. Sychev A. Y.Isak V. G. Iron compounds and the mechanisms of the homogeneous catalysis of the activation of O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and of the oxidation of organic substrates // *Russian Chemical Reviews*. - 1995. - V. 64. - N. 12. - P. 1105-1129.



# ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОТХОДА ШЕЛУХИ ОВСА - ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЛЯ СИБИРИ ИСТОЧНИКА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**Ю.Г. Машталлер<sup>1</sup>, К.С. Черепанова<sup>1,2</sup>, Н.В. Громов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Институт катализа СО РАН,

г. Новосибирск, gromov@catalysis.ru

*С каждым годом возрастает спрос на наноцеллюлозу в отраслях фармакологии, биоинженерии, полимерной промышленности и др. Перспективным источником наноцеллюлозы для Сибири может стать многотоннажный сельскохозяйственный отход – шелуха овса. В данной работе изучен компонентный состав шелухи овса, как перспективного источника наноцеллюлозы.*

*Every year the demand for nanocellulose in the fields of pharmacology, bioengineering, polymer industry, etc. increases. Large-tonnage agricultural waste - oat husks - can become a promising source of nanocellulose for Siberia. In this work, the component content of oat husks as a promising source of nanocellulose was studied.*

В настоящее время проблемы истощения ископаемых углеводных ресурсов способствуют поиску альтернативных источников сырья и энергии, а также развитию направлений их переработки. Низкая скорость возобновляемости ископаемых углеводородов в перспективе не способна удовлетворить все нужды человечества [1]. Вместе с этим, актуально минимизирование негативного воздействия на окружающую среду при использовании данного вида ресурсов: снижение выбросов парниковых газов, уменьшение/ликвидация разливов нефтепродуктов в водные объекты и почву. Поэтому уменьшение зависимости от газонефтяного и угольного сырья заключается в поиске устойчивых альтернативных источников сырья и энергии.

Перспективным источником углеводородного сырья является растительная биомасса, имеющая значимые преимущества над традиционными источниками [2]. Высокий темп возобновляемости, низкая стоимость, упрощённая система добычи, транспортировки и хранения являются преимуществами растительного сырья перед ископаемыми углеводородами. Перспективными для дальнейшей переработки представляются отходы сельскохозяйственного производства, древесного и лесного хозяйства. Для сибирского региона в том числе актуальна переработка шелухи овсяной культуры, что может снизить площади отвалов данного отхода [3].

Наибольшее количество в составе шелухи овса занимает целлюлоза [3], особо востребованный полимер в пищевой, фармацевтической,

химической и текстильной отраслях. Благодаря своим уникальным свойствам: способностью к биологическому разложению, низкой плотности и весу, высокой прочностью и жесткостью [4], данный природный материал востребован в том числе в виде наноцеллюлозы для различных деталей машин, востребован в фармакологии, полимерной промышленности, биоинженерии [3].

Перспективным решением указанных проблем может стать получение наноцеллюлозы путем переработки шелухи овса. В данной работе исследован компонентный состав шелухи овса, как начальный этап ее переработки в наноцеллюлозу.

Влажность исследуемого субстрата определена гравиметрическим способом. Образец шелухи овса высушивали до постоянной массы при температуре  $103 \pm 2$  °С. Количественное содержание минеральных компонентов определено путем озоления шелухи овса и прокалывания при 575 °С [5]. Определено содержание целлюлозы в шелухе овса по методу Крюшнера с использованием азотно – спиртовой смеси [5]. Также найдено содержание  $\alpha$ -целлюлозы по методике, включающей обработку целлюлозы растворами NaOH высокой концентрации [6]. Содержание лигнина определяли по методике Классона в модификации Комарова с использованием 72 %-ой  $H_2SO_4$  [5], заранее обессмолив субстрат. Гемичеселлюлозы определены с помощью ВЭЖХ анализа с предварительным гидролизом шелухи овса в 2 %-ой HCl и дериватизацией 2,4-дифенилгидрозином [7].

В работе определен компонентный состав шелухи овса – перспективного источника наноцеллюлозы. Влажность субстрата составила 6 %. Определено количественное содержание целлюлозы – 40 мас. %, из которой 77 мас. %  $\alpha$ -целлюлоза. Содержание минеральных компонентов составило 8 мас. %. Содержание гемичеселлюлоз и лигнина будет представлено в докладе.

#### Литература:

1. World Oil Statistics / [Электронный ресурс] // Worldometer : [сайт]. — URL: <https://www.worldometers.info/oil/> (дата обращения: 09.11.2023).
2. Шаимова А. М., Насырова Л. А., Фасхутдинов Р. Р., Шаимов М. М. Использование биомассы-радикальное решение проблем экологии и энергетики // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. № 5-6. – С. 175-182.
3. Бунина В. Перечислены области применения целлюлозы из российского мискантуса / Бунина В. [Электронный ресурс] // газета.ru : [сайт]. — URL:

<https://www.gazeta.ru/science/news/2023/11/07/21659617.shtml?updated>  
(дата обращения: 11.11.2023).

4. Kaur M., Sharma P., Kumari S. State of art manufacturing and producing nanocellulose from agricultural waste: a review // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2021. – Т. 21, № 6. – С. 3394-3403.

5. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: Учебное пособие для вузов. / Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. – Москва: Экология, 1991. – 320 с.

6. Faria L. U. S., Pacheco B. J. S., Oliveira G. C., Silva J. L. Production of cellulose nanocrystals from pineapple crown fibers through alkaline pretreatment and acid hydrolysis under different conditions // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – Т. 9, № 6. – С. 12346-12353.

7. Gromov N. V., Medvedeva T. B., Rodikova Y. A., Babushkin D. E., Panchenko V. N., Timofeeva M. N., Zhizhina E. G., Taran O. P., Parmon V. N. One-pot synthesis of formic acid via hydrolysis-oxidation of potato starch in the presence of cesium salts of heteropoly acid catalysts // RSC Adv. – 2020. – Т. 10, № 48. – С. 28856-28864.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ**

**П.С. Мелков<sup>1,2</sup>, С.И. Мезенцев<sup>3</sup>, Н.В. Верниковская<sup>2,4</sup>**

**<sup>1</sup>Институт теплофизики СО РАН,**

**<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, melkovps@mail.ru**

**<sup>3</sup>Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого (СПбПУ),**

**г. Санкт-Петербург, mezentsev.si@edu.spbstu.ru**

**<sup>4</sup>Институт катализа СО РАН,**

**г. Новосибирск, vernik@catalysis.ru**

*Работа посвящена математическому моделированию регенеративного теплообменника. Были получены температуры воздушного потока и материала регенеративной насадки в разных сечениях. Был проведён сравнительный анализ результатов расчёта по математической модели с результатами эксперимента, который проводился на реальной физической модели.*

*The present work is devoted to the mathematical modeling of a regenerative heat exchanger. The temperatures of the air flow and the material of the regenerative nozzle in different sections were obtained. A comparative analysis of the results of calculating*

*the mathematical model with the results of the experiment, which was carried out on a real physical model, was carried out.*

## **Введение**

В холодное время года значительная доля потерь тепла в многоквартирных домах, а также в производственных помещениях с высоким уровнем теплоизоляции внешних поверхностей связана с использованием систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Для снижения затрат на данный вид потерь тепла широко используют возможности воздушных регенераторов тепла с периодическим изменением направления потока воздуха.

В основном регенеративные аппараты представляют собой систему, состоящую из теплоизолированного кожуха, реверсивного вентилятора и теплоаккумулирующей среды. В самых простых случаях такая среда представлена в виде матрицы, выполненной из различных материалов.

Целью данной работы является математическое моделирование процесса регенеративного теплообмена в случае теплоаккумулирующей среды в виде трубок, наполненных водой, и сравнение полученных результатов расчёта с результатами эксперимента, проведенного на реальной физической модели.

### **1. Математическая модель**

Моделируемый объект представлял собой регенеративную установку. Она состояла из регенеративной насадки, а также реверсивного вентилятора. Наружный диаметр канальной насадки составлял 120 мм, Сам блок длиной 73 мм состоит из трубок, заполненных водой. Трубки расположены вдоль движения воздуха через теплообменник. Вид теплообменника представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – Регенеративный теплообменник

Воздух двигался попеременно в двух направлениях - из комнаты на улицу и наоборот. Время полупериода, в течение которого воздух двигался в одном направлении, составляло 40 секунд.

Математическая модель учитывает конвективный перенос тепла, а также теплопроводность материала насадки и теплообмен между воздухом и насадкой [1].

Конвективный перенос тепла описывается следующим уравнением:

$$\frac{\partial T_{\text{в}}}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial T_{\text{в}}}{\partial x} = \frac{\alpha \cdot (T_{\text{н}} - T_{\text{в}}) \cdot S_{\text{уд}}}{\rho_{\text{в}} c_{\text{в}}} \quad (1)$$

Теплообмен в материале насадки описывается с помощью следующего уравнения:

$$\frac{\partial T_{\text{н}}}{\partial t} = \frac{\lambda_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}} c_{\text{н}}} \cdot \frac{\partial^2 T_{\text{н}}}{\partial x^2} + \frac{\alpha \cdot (T_{\text{в}} - T_{\text{н}}) \cdot S_{\text{уд.н.}}}{\rho_{\text{н}} c_{\text{н}}} \quad (2)$$

Здесь  $T_{\text{в}}$ ,  $T_{\text{н}}$  – температура воздуха и насадки соответственно, К;  $t$  – время, с;  $u$  – линейная скорость, м/с;  $x$  – пространственная координата, м;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $S_{\text{уд}}$  – удельная поверхность, м<sup>-1</sup>;  $S_{\text{уд.н.}}$  – удельная поверхность насадки, м<sup>-1</sup>;  $c_{\text{в}}$ ,  $c_{\text{н}}$  – удельная теплоемкость воздуха и насадки соответственно, Дж/(кг·К);  $\rho_{\text{в}}$ ,  $\rho_{\text{н}}$  – плотность воздуха и насадки соответственно, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_{\text{в}}$ ,  $\lambda_{\text{н}}$  – коэффициент теплопроводности воздуха и насадки соответственно, Вт/(м·К).

В связи с теплоизоляцией на концах установки, граничные условия для уравнения (2) принимали вид:

$$\left. \frac{\partial T_{\text{н}}}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial T_{\text{н}}}{\partial x} \right|_{x=L} = 0 \quad (3)$$

В зависимости от направления потока, граничное условие для уравнения (1) было только одно:

$$T_{\text{в}}(x, t) \Big|_{x=0} = T_{\text{в}1}(t); \quad (4)$$

$$T_{\text{в}}(x, t) \Big|_{x=L} = T_{\text{в}2}(t). \quad (5)$$

Начальные распределения для температуры воздуха и материала насадки принимались следующим образом:

$$T_{\text{в}}(x, t) \Big|_{t=0} = 17.5^{\circ}\text{C}; \quad T_{\text{н}}(x, t) \Big|_{t=0} = -4.5^{\circ}\text{C}. \quad (6)$$

При расчете использовались следующие параметры:  $u_{\text{ин}}=1.24$  м/с;  $u_{\text{от}}=1.01$  м/с;  $\rho_{\text{в}}=1.29$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{н}}=998$  кг/м<sup>3</sup>;  $c_{\text{в}}=1005$  Дж/(кг·К);  $c_{\text{н}}=4180$  Дж/(кг·К);  $\lambda_{\text{в}}=0.024$  Вт/(м·К);  $\lambda_{\text{н}}=0.58$  Вт/(м·К);  $Re=180$ .

## 2. Результаты и обсуждение

Результаты расчета температуры воздуха в зависимости от времени представлены графически на рисунке 2. Полученные данные показывают, что теплообмен в математической модели выражен меньше, чем в реальной установке. Это можно определить по температурам: минимальная температура воздуха в сечении  $x=0$  в реальной установке на 2,5 °С ниже, чем в расчете математической модели, а максимальная температура воздуха в сечении  $x=L$  на 2,6 °С выше, чем расчетная. Тем не менее непосредственно зависимость температуры от времени совпадает с реальной физической зависимостью: при движении воздуха с комнаты температура воздуха в сечении  $x=L$  повышается вследствие

теплообмена с насадкой, а при движении воздуха с улицы температура воздуха в сечении  $x=0$  понижается.

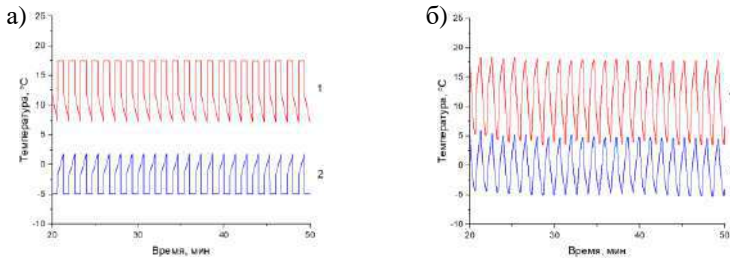


Рис. 2 – Зависимость температуры воздуха от времени: а) результаты моделирования; б) экспериментальные результаты; 1 – температура в сечении  $x=0$ ; 2 – температура в сечении  $x=L$ .

Расхождения между расчетными и экспериментальными данными могли быть вызваны низкой точностью анемометра, что способствовало занижению значений линейных скоростей. Если увеличить линейные скорости примерно в 1.5 раза, то получено хорошее согласование расчетных и экспериментальных данных (рис. 3).

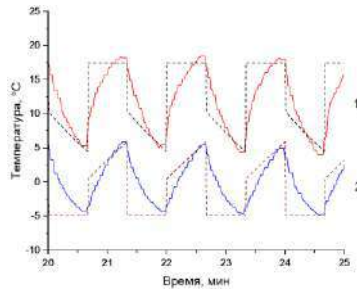


Рис. 3 – Зависимость температуры воздуха от времени с увеличенными скорости потока в 1.5 раза. Сплошные линии – эксперимент, пунктирные – расчет.

### Заключение

Была построена и рассчитана математическая модель теплообмена в регенеративном теплообменнике. Сравнивая результаты расчета с результатами реального эксперимента, можно сделать вывод, что разработанная математическая модель достаточно точно описывает процесс теплообмена в регенеративной насадке, при этом различия могут быть вызваны отличающимися параметрами расчета и эксперимента.

Данная модель может быть использована в оценки теплообмена в регенеративных установках.

Литература:

1. Низовцев М.И., Бородулин В.Ю., Летушко В.Н. Регенеративный теплообменник для вентиляции помещений с периодическим изменением направления воздушного потока // Теплофизика и аэромеханика. – 2015. – Т. 22, №6. – С. 785–796.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01412, <https://rscf.ru/project/22-29-01412/>

## **СИНТЕЗ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА В СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ УСЛОВИЯХ**

**И.И. Монахов, А.У. Аетов, С.В. Мазанов**  
**Казанский национальный исследовательский**  
**технологический университет,**  
**г. Казань, [serg989@yandex.ru](mailto:serg989@yandex.ru)**

**Научный руководитель: Гумеров Ф.М., д.т.н., проф.**

*Представлены результаты исследования реакции гидролиза рафинированного рапсового масла дистиллированной водой, осуществленной в суб- и сверхкритических флюидных условиях ( $T=573-653\text{ K}$ ,  $P=30\text{ МПа}$ ) на установке периодического действия. Установлено влияние термодинамических условий осуществления реакции и объемного соотношения реагентов на ее эффективность.*

*The results of a study of the hydrolysis reaction of refined rapeseed oil with distilled water, carried out in sub- and supercritical fluid conditions ( $T = 573-653\text{ K}$ ,  $P = 30\text{ МПа}$ ) in a batch unit, are presented. The influence of the thermodynamic conditions of the reaction and the volume ratio of the reagents on its efficiency has been established.*

Работа посвящена извлечению олеиновой кислоты из рапсового масла, являющегося основным компонентом в составе данного масла. Данный процесс является первым этапом двухстадийного процесса получения биодизельного топлива [1]:

1. Исходное растительное масло/животный жир подвергается гидролизу в среде субкритической воды с преобразованием их в свободные жирные кислоты.

2. Этерификация свободных жирных кислот в суб- и сверхкритических флюидных условиях до эфиров жирных кислот и воды.

Данная технология позволяет получать эфиры жирных кислот при режимных параметрах, не превышающих  $t=275-290$  °С,  $P=10-11$  МПа, при мольных соотношениях «спирт/масло» = 10:1) [2], что оказываются более «мягкими» условиями нежели то, что имеет место в большинстве реализаций одностадийного процесса переэтерификации масел в спиртовой среде ( $t=270-350$  °С,  $P=14-40$  МПа, мольное соотношение «спирт/масло» = 30:1 - 42:1) [3-5].

Проведение реакций в «сдающихся» условиях позволяет решить две проблемы: во-первых, при гидролизе, помимо извлечения жирных кислот, появляется возможность дополнительно отделить глицерин, являющийся побочным продуктом реакции переэтерификации; во-вторых, при этерификации не произойдет разложение эфиров олеиновой кислоты и получаемое биодизельное топливо будет соответствовать нормам международных стандартов. Помимо прочего проведение двухстадийного процесса обуславливает возможность 25 % сокращения энергозатрат [2].

В качестве основного сырья при гидролизе масла в субкритических флюидных условиях для получения олеиновой кислоты использовалось рапсовое дезодорированное масло первого сорта, а также вода-дистиллят. Состав масел исследован на хроматографе, который показал присутствие следующих основных жирных кислот (масс): олеиновой кислоты – 67,67 %, линолевой – 21,69 %, пальмитиновой – 6,46 %, стеариновой – 3,12 %.

Для осуществления реакции гидролиза использована экспериментальная установка периодического действия [6], представленная на рис. 1. Установка позволяет осуществлять химические реакции при температурах до 800 К и давлениях до 30 МПа.

В качестве оценочного фактора получаемого продукта была использована хроматография. Анализ проводился двумя хроматографами: на газовом хроматографе Trace-1310 с масс-спектрометрическим детектором ISQ и на жидкостном хроматографе серии Flexar фирмы PerkinElmer.

Проведены экспериментальные исследования реакции гидролиза рапсового масла, осуществленного в температурном диапазоне 573-653 К, при давлении 30 МПа, продолжительностью 15-40 мин, при объемных соотношениях вода - рапсовое масло от 1:1 до 2:1.



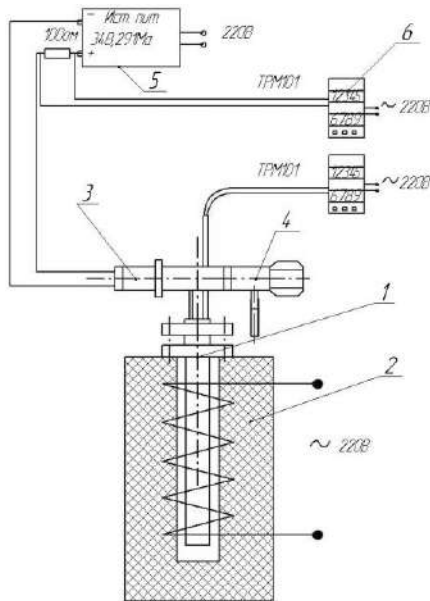


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки периодического действия для осуществления реакции гидролиза растительных масел в водной среде в СБКФ и СКФ условиях реакционной среды: 1 - автоклав; 2 - муфельная печь; 3 - датчик давления; 4 - вентиль высокого давления; 5 - источник питания; 6 - измерительный прибор

По результатам анализа основным продуктом гидролиза рапсового масла является олеиновая кислота, присутствующая в диапазоне значений 66,3 – 94,9 % масс.

Зависимость концентрации олеиновой кислоты в продукте реакции гидролиза рапсового масла от температуры реакции (при  $\tau=30$  мин) представлен на рис. 2.

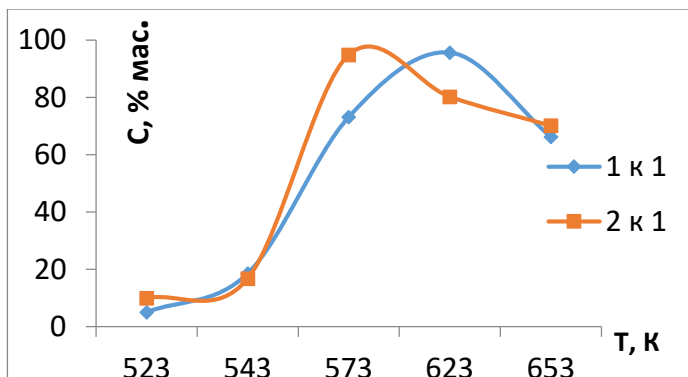


Рис. 2 – Содержание олеиновой кислоты в продукте реакции гидролиза как функция температуры при объемных соотношениях реагентов 1:1 и 2:1

На рис. 3 представлен график зависимости выхода олеиновой кислоты от длительности реакции при  $T=573$  К для объемных соотношений 1:1 и 2:1.

Из представленных выше графиков видно, что с повышением температуры выше некоторого уровня, отличающегося объемным соотношением, для каждого из соотношений происходит падение концентрации олеиновой кислоты в продукте реакции. Это объясняется тем, что при более высоких температурах олеиновая кислота подвержена термическому разложению на более простые эфиры, отвечающие диапазону  $C_6 - C_{12}$ .

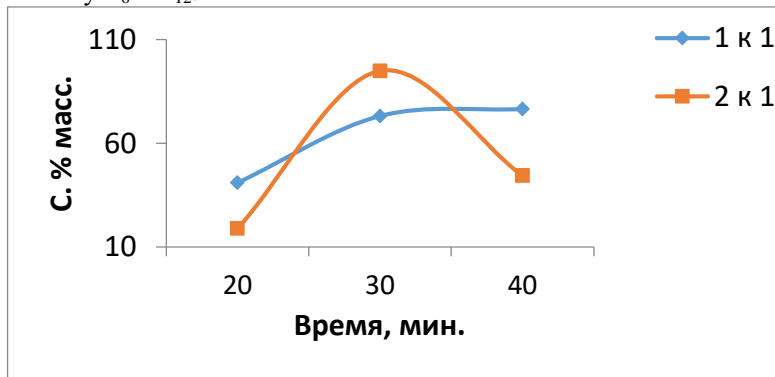


Рис. 3 – Содержание олеиновой кислоты в продукте реакции гидролиза как функция длительности реакции, осуществленной при  $T = 573$  К и объемных соотношениях реагентов 1:1 и 2:1

Проведенные исследования показали эффективность проведения реакции гидролиза рапсового масла в субкритических флюидных условиях реакционной смеси. На установке периодического действия возможно получение олеиновой кислоты при температурах опытов, не превышающих 623 К. Результаты исследований показали наибольший выход олеиновой кислоты 94,9 % масс при  $T=573$  К,  $P=30$  МПа,  $\tau=30$  мин, объемных соотношениях «вода : масло» 2:1. Осуществление реакции гидролиза при  $T=573$  К представляется экономически более выгодным.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №23-79-10304, <https://rscf.ru/project/23-79-10304/>).

Литература:

1. *Kusdiana D, Saka S.* Two-step preparation for catalyst-free biodiesel production: hydrolysis and methyl esterification // *Applied Biochemistry and Biotechnology.* – 2004. – Vol. 113, N 1. – P. 781–791.
2. *D'Ippolito S.A., Yori J.C., Iturria M.E., Pieck C.L., Vera C.R.* Analysis of a two-step, noncatalytic, supercritical biodiesel production process with heat re-recovery // *Energy Fuels.* – 2007. – Vol. 21. – P. 339–346.
3. *Saka S, Kusdiana D.* Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol // *Fuel.* – 2001. – Vol. 80. – P. 225–231.
4. *Kusdiana D, Saka S.* Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment // *Bioresource Technology.* – 2004. – Vol. 91. – P. 289–295.
5. *Demirbas A.* Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification // *Energy Conversion and Management.* – 2009. – Vol. 50. – P. 923–927.
6. *Biktashev Sh.A., Usmanov R.A., Gabitov R.R., Gazizov R.A., Gumerov F.M., Gabitov F.R., Abdulgatov I.M., Yarullin R.S., Yakushev I.A.* Transesterification of rapeseed and palm oils in supercritical methanol and ethanol // *Biomass and Bioenergy.* – 2011. – Vol. 3, N 7. – P. 2999–3011.

## ГИДРОКРЕКИНГ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ В ПРИСУТСТВИИ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН

Д.А. Мыркина<sup>1</sup>, А.С. Милюшина<sup>1,2</sup>, В.В. Чесноков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,

г. Новосибирск, [darva.mvrkina@mail.ru](mailto:darva.mvrkina@mail.ru)

Научный руководитель: Милюшина А.С., к.т.н., доцент

*Данная работа посвящена переработке тяжелого нефтяного остатка для получения более легких фракций нефти, таких как бензин и дизель. Гидрокрекинг и каталитический гидрокрекинг гудрона в присутствии муравьиной кислоты проводили в интервале температур 250-500 °С. В каталитическом гидрокрекинге гудрона в роли катализатора использовались углеродные нановолокна, обработанные щелочью. Максимальный выход жидкого продукта достигается в реакции каталитического гидрокрекинга гудрона в присутствии муравьиной кислоты и УНВ, обработанных щелочью, при 300 °С и составляет 34 мас. %. Однако, фракционный анализ жидких продуктов показал низкий выход легких фракций нефти (49 мас. %). Максимальный выход бензиновой и дизельной фракций наблюдается в реакции каталитического гидрокрекинга при 350 °С и составляет 84,3 мас. %.*

*This study is devoted to the processing of vacuum residue to produce lighter fractions of oil, such as gasoline and diesel. Hydrocracking and catalytic hydrocracking of tar in the presence of formic acid were carried out in the temperature range of 250-500 °C. In catalytic hydrocracking of tar, carbon nanofibers treated with alkali were used as a catalyst. The maximum yield of liquid product is achieved in the catalytic hydrocracking reaction of tar sands in the presence of formic acid and alkali-treated CNFs at 300 °C and is 34 wt. %. However, fractional analysis of liquid products showed low yield of light oil fractions (49 wt. %). The maximum yield of gasoline and diesel fractions is observed in the catalytic hydrocracking reaction at 350 °C and makes 84.3 wt. %.*

В настоящее время использование тяжелых нефтей и нефтяных остатков требует разработки новых физических и каталитических технологий глубокой переработки тяжелого углеводородного сырья. При этом существует острая необходимость в утилизации нетрадиционных тяжелых нефтепродуктов. Нетрадиционные тяжелые нефтепродукты включают в себя гудрон, тяжелые каталитические газойли и т.д. [1].

Одним из самых перспективных направлений переработки тяжелого нефтяного сырья является гидрокрекинг. Основным достоинством данного процесса является возможность переработки как дистиллятного, так и остаточного сырья с получением высококачественных продуктов (сжиженных газов, высокооктановых бензинов, низкозастывающего

дизельного и реактивного топлива). Молекулярный водород для процессов гидрокрекинга можно получать из различных источников сырья и применяя при этом разнообразные технологии [2]. В качестве альтернативы водороду могут быть использованы различные вещества – доноры водорода, например, водяной пар, тетрагидронафталин или муравьиная кислота [3,4].

Муравьиная кислота является качественным жидким органическим носителем водорода. Также стоит отметить, что использование муравьиной кислоты, в качестве донора водорода, увеличивает глубину переработки гудрона, о чем свидетельствует больший выход бензиновой и дизельной фракций [5].

Целью настоящей работы стало исследование процесса гидрокрекинга гудрона в присутствии муравьиной кислоты, а также изучение влияния углеродных нановолокон, обработанных щелочью, на этот процесс.

Процесс гидрокрекинга гудрона в присутствии муравьиной кислоты (МК) проводили в реакторе, работающем под давлением 10 атм. и при температурах 250-500 °С. Для того чтобы определить влияние углеродных нановолокон (УНВ) на реакцию гидрокрекинга гудрона, их загружали в реактор вместе с гудроном и муравьиной кислотой. Результаты по выходу газообразных, жидких и твердых продуктов реакции представлены в таблице. Видно, что с увеличением температуры реакции гидрокрекинга в присутствии МК и УНВ, обработанных щелочью, конверсия гудрона увеличивается. Даже при температуре 250 °С образуется 15 мас. % жидких продуктов, что связано с высокой активностью УНВ в разложении МК. Максимальный выход жидкого продукта зафиксирован при 300 °С и составляет 34 мас. %.

Таблица 1 – Продукты реакции гидрокрекинга гудрона в присутствии муравьиной кислоты и углеродных нановолокон

Температура, °С	Продукты реакции, мас. %		
	Газ	<b>Жидкие</b>	Остатки гудрона и кокс
250	8	<b>15</b>	77
300	15	<b>34</b>	51
350	32	<b>29</b>	39
400	46	<b>24</b>	30
450	57	<b>19</b>	24
500	65	<b>13</b>	22

Данные по фракционному анализу жидких продуктов реакции представлены на рисунке 1.

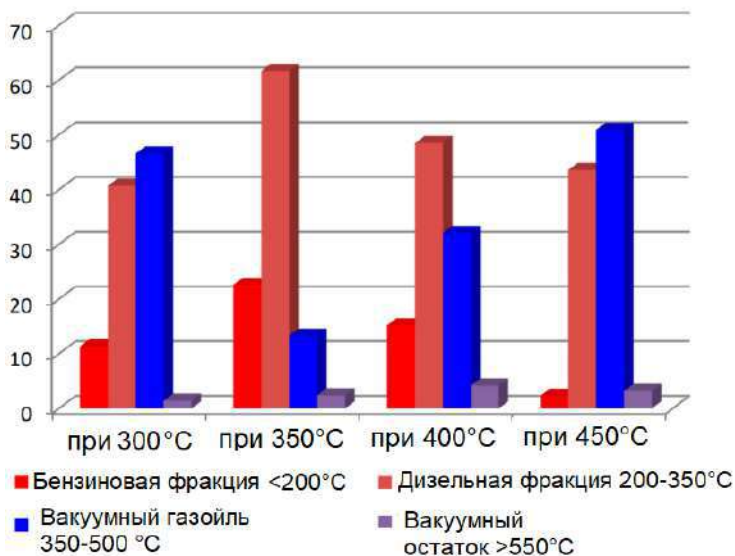


Рис. 13 – Распределение фракций жидкого продукта, образующегося в реакции каталитического гидрокрекинга гудрона в присутствии МК и УНВ (щ), мас. %

Из диаграммы видно, что максимальный выход бензина и дизеля наблюдается при температуре 350 °С и составляет 84,3 %. При увеличении температуры гидрокрекинга гудрона в присутствии МК и УНВ, обработанных щелочью, выше 350 °С выход бензиновой и дизельной фракции уменьшается, это объясняется тем, что жидкие продукты гидрокрекинга при температурах 350-450 °С претерпевают дальнейшие преобразования.

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 17-73-30032.

#### Литература:

1. The synergistic effect between supercritical water and redox properties of iron oxide nanoparticles during in-situ catalytic upgrading of heavy oil with formic acid. Isotopic study / Hosseinpour, M., Fatemi, S., Ahmadi, S.J., Morimoto, M., Akizuki, M., Oshima, Y., Fumoto, E. // Appl. Catal. B Environ.–2018.– № 230.–P. 91-101.

2. Современные подходы к получению водорода из углеводородного сырья / Макарян И. А., Седов И. В., Никитин А. В., Арутюнов В. С. // Переработка нефти и газа.–2020.–№ 1(24).–С. 50-68.

3. Chesnokov V.V., Dik P.P., Chichkan A.S. Formic Acid as a Hydrogen Donor for Catalytic Transformations of Tar // Energies.–2020.–13(17).–Р. 1-12.

4. Comparative Analysis of the Effects of Hydrogen and Formic Acid on the Vacuum Residue Hydrocracking / V.V. Chesnokov, P.P. Dik, A.V. Nikityonok, A.S. Chichkan, V.N. Parmon // Chemical Engineering Journal – 2022.–V. 449.–Р. 1-9.

5. Чичкань А.С., Мыркина Д.А., Чесноков В.В. Преимущества использования муравьиной кислоты в реакции гидрокрекинга гудрона // Новые каталитические процессы глубокой переработки углеводородного сырья и биомассы. Шестая школа молодых ученых: сборник тезисов докладов. – ИК СО РАН. – 2022.–С41– 42.УД–9.

## **ПЕРОКСИДНОЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ЖИДКОФАЗНОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА НА FE-СОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТАХ ТИПА ZSM-5**

**В.В. Никишаева, А.А. Догадаева, В.В. Болтенков,**

**С.А. Яшник, Н.В. Громов, В.Н. Пармон**

**Новосибирский Государственный Технический Университет,**

**Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН**

**г. Новосибирск, [nikishaeva0709@mail.ru](mailto:nikishaeva0709@mail.ru)**

*В работе представлен литературный обзор проблемы окисления метана, существующие подходы его функционализации, а также экспериментальные данные, полученные при проведении жидкофазного окисления метана пероксидом водорода в автоклаве высокого давления.*

*The paper presents a literature review of the problem of methane oxidation, existing approaches to its functionalization, as well as experimental data obtained in the liquid-phase oxidation of methane with hydrogen peroxide in a high-pressure autoclave.*

Большие запасы метана на нашей планете и возможность его непрерывного восстановления в глобальном природном цикле углерода (около  $10^9$  тонн в год) делают метан привлекательным сырьем для решения многих ресурсных и экологических проблем. Однако молекула метана химически инертна, в связи с этим, химическая активация метана

является одной из проблем, имеющих глобальное значение для решения ресурсных проблем человечества [1].

В настоящее время в промышленном масштабе реализованы лишь немногие подходы к переработке метана в ценные химические продукты. Один из них, это оксигалогенирование метана до галогенпроизводных. Несмотря на то, что галогенпроизводные являются субстратом для множества других процессов, использование технологий их получения имеет ограниченные перспективы ввиду высокой токсичности галогенов/галогенводородов и их агрессивного воздействия на оборудование [2].

Альтернативным подходом переработки метана является получение синтез-газа – смеси водорода и монооксида углерода [2]. Существует несколько промышленных методов получения синтез-газа из природного газа. К ним относятся: паровая конверсия метана (ПКМ, паровой риформинг), парциальное окисление метана (ПОМ), углекислотная конверсия метана (УКМ, сухой риформинг).

Процессы получения ценных продуктов из метана через СГ являются хорошо изученными, с созданными многотоннажными производствами, что является основным их преимуществом.

Основным же недостатком данного подхода является высокие температуры (от 800°C до 1500°C) и давления (от 30 бар до 100 бар), необходимые для осуществления реакции, приводящие к большим эксплуатационным затратам [3]. В производстве часто используется комбинирование реакций конверсии: пароуглекислотная реакция, парокислородная, двухстадийный риформинг [4].

Известны альтернативные подходы переработки метана. Природные ферменты семейства метанмонооксигеназ, содержащие кластеры железа или меди в качестве активных центров, эффективно синтезируют метанол из метана в мягких условиях. Реализация такого процесса с помощью принципов биомиметики могло бы решить проблемы энергоэффективности. Железо- и медьсодержащие цеолиты являются активными и стабильными катализаторами жидкофазного пероксидного окисления разнообразных органических соединений, а также газофазного окисления метана [1].

Широкое применение цеолитов в катализе объясняется их особыми свойствами, обусловленными наличием на их поверхности кислотных центров, а так же хорошими прочностными характеристиками [5].

В литературе [6, 7] отмечается возможность газофазного окисления метана  $\alpha$ -комплексами ( $Fe^{II}$ ) $\alpha$ , образующимися на поверхности цеолита при высокотемпературной обработке оксидом азота (I), называемыми  $\alpha$ -центрами и высокоактивными радикальными формами кислорода ( $\alpha$ -



кислород,  $O_\alpha$ ). Подобно активному центру метанмонооксигеназы, центры  $O_\alpha$  при комнатной температуре легко осуществляют окисление метана и других углеводородов [6, 7].

Альтернативным процессом окисления метана на цеолитах является пероксидное окисление. В ряде работ [1, 8, 9], показана эффективность Fe-ZSM-5 цеолитов жидкофазного пероксидного окисления разнообразных органических соединений. В частности, в работе [10] показано, что цеолиты способны окислять метан до метанола с селективностью 12% (Fe-ZSM-5(30)), 83% (Cu-ZSM-5(30)), 85% (Cu-Fe-ZSM-5(30)) при стандартных условиях реакции: температуре 50 °C времени 30 мин, давлении метана 30,5 бар, концентрации перекиси водорода 0,5 М, количества катализатора 27 мг, перемешивании 1500 об/мин.

Авторами работ [8, 10] было продемонстрировано, что первичным продуктом этой реакции является метилгидропероксид, а метанол и муравьиная кислота образуются в результате последовательных реакций. На первом этапе происходит окисление метана с образованием метилгидропероксида в качестве первичного продукта, который впоследствии реагирует с образованием метанола, окисляемого до муравьиной кислоты и  $CO_2$ .

Рассмотренные работы показывают актуальность направления пероксидного окисления метана. В связи с чем, целью данной работы является получение практических навыков для проведения экспериментальных исследований процесса жидкофазного низкотемпературного окисления метана пероксидом водорода на Fe-содержащих цеолитах типа ZSM-5 в автоклаве высокого давления.

В работе использовали цеолит со структурой ZSM-5, силикатным модулем 30 и содержанием Fe 0,65%. Цеолит был произведен на Новосибирском заводе химконцентратов (Россия). Реакцию проводили при условиях: температура – 50°C; время – 10, 30, 90 мин; скорость перемешивания – 1500 об/мин; масса катализатора – 216 мг.; давление метана – 30 бар; концентрация и количество перекиси водорода – 1 моль/л и 80 мл соответственно. После окончания реакции газовую фазу анализировали методом газовой хроматографии (ГХ). Реакционный раствор анализировали методами ГХ, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и спектрофотометрии.

В качестве продуктов реакции были определены  $CH_3OH$ ,  $HCOOH$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ . Основными продуктами являются  $CH_3OH$ ,  $HCOOH$ ,  $CO_2$ . Селективность образования  $CO$  составила менее 1%.

**Таблица 1 – Пероксидное окисление метана на цеолите H-ZSM-5**

$\tau$ , мин	Кат-р	Конверсия, %		Селективность, %			
		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> OH	HCOOH	CO	CO <sub>2</sub>
10	H-ZSM-5(30)	n/o	0,2	18	82	<1	0
30	H-ZSM-5(30)	14	0,6	20	75	<1	5
90	H-ZSM-5(30)	51	1,5	7	88	<1	5

Fe-содержащие цеолиты типа ZSM-5 показали свою активность в реакции пероксидного окисления метана. На первом этапе реакции происходит накопление метанола, который в дальнейшем доокисляется до более глубоких продуктов окисления. Муравьиная кислота накапливается в течении всего процесса пероксидного окисления метана. Углекислый газ является продуктом неселективного глубокого окисления интермедиатов реакции пероксидного окисления метана.

Таким образом, окисление метана на цеолитах Fe-ZSM-5 перекисью водорода является перспективным методом переработки большого количества метана ввиду высокой каталитической активности и доступности цеолита, оптимальных условий процесса, приводящих к низким капитальным затратам.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 17-73-30032.**

Литература:

1. Пероксидное каталитическое окисление метана на железосодержащих цеолитах / В.В. Болтенков, О.П. Таран, Е.В. Пархомчук, С.А. Яшник, К.А. Сашкина, А.Б. Аюшеев, Д.Э. Бабушкин, В.Н. Пармон // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2016. – Т. 9. – №. 4. – С. 394–413.

2. Пинаева Л.Г., Носков А.С., Пармон В.Н. Перспективы прямой каталитической переработки метана в востребованные химические продукты. Обзор // Катализ в промышленности. – 2017. – №. 3. – С. 184–200.

3. Писаренко Е.В., Морозова М.С., Смирнов Д.Е. Моделирование процесса получения синтез-газа с целью повышения его экономической эффективности // Успехи в химии и химической технологии. – 2009. – №. 1(94). – С. 80–83.

4. Исследование процесса некаталитического высокотемпературного парциального окисления метана для получения синтез-газа / П.И. Кульчаковский, Э.Б. Митберг, И.С. Ермолаев, В.С. Ермолаев, И.Г.

Соломоник, В.З. Мордкович // Тепловые процессы в технике. – 2016. – Т.8. – №. 3. – С. 117–125.

5. Аюшеев А. Б. Исследование твердофазных катализаторов процессов аэробной и пероксидной окислительной деструкции токсичных органических веществ в водных растворах: дис. ... канд. хим. наук. – Новосибирск, 2013.–126 с.

6. Room-temperature oxidation of methane by  $\alpha$ -oxygen and extraction of products from the FeZSM-5 surface / E.V. Starokon, M.V. Parfenov, L.V. Pirutko, S.I. Abornev, G.I. Panov // The Journal of Physical Chemistry. – 2011. Vol. 115, N 5. – P. 2155–2161.

7. Oxidation of methane to methanol on the surface of FeZSM-5 zeolite / E.V. Starokon, M.V. Parfenov, S.S. Arzumanov, L.V. Pirutko, A.G. Stepanov, G.I. Panov // Journal of Catalysis. – 2013. – Vol. 300. – P. 47–54.

8. Hutchings G. J. Methane activation by selective oxidation // Topics in Catalysis. – 2016. – Vol. 59. – P. 658–662.

9. Continuous selective oxidation of methane to methanol over Cu-and Fe-modified ZSM-5 catalysts in a flow reactor / J. Xu, R.D. Armstrong, G. Shaw, N.F. Dummer, S.J. Freakley, S.H. Taylor, G.J. Hutchings // Catalysis Today. – 2016. – Vol. 270. – P. 93–100.

10. Direct Catalytic Conversion of Methane to Methanol in an Aqueous Medium by using Copper-Promoted Fe-ZSM-5 / C. Hammond, M.M. Forde, M.H. Rahim, A. Thetford, R.L. Jenkins, N. Dimitratos, J. A. Lopez-Sanchez, N.F. Dummer, D.M. Murphy, A.F. Carley, S.H. Taylor, D.J. Willock, E.E. Stangland, J. Kang, H. Hagen, C.J. Kiely, G.J. Hutchings // Angewandte Chemie. – 2012. – N 5. – P. 5129–5133.

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ**

**А.В. Самусова**

**Новосибирский государственный технический университет,  
Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,**

**г. Новосибирск, alekccasam@gmail.com**

**Научный руководитель: Горбунов Ф.К., к.т.н., доцент**

В работе показано применение использования вторичного сырья на основе лома огнеупорных материалов для производства теплоизоляционных композитов. Исследовано влияние гранулометрического состава наполнителя на всхожесть смеси. Исследованы прочностные характеристики композитов.

The article presents the application of the use of secondary raw materials based on scrap refractory materials for the production of thermal insulation composites. The influence of the granulometric composition on the germination of the mixture is investigated. The strength characteristics of composites are investigated.

В настоящее время проблему новых композитов в строительной индустрии необходимо решать путем создания экологически чистых, высокоэффективных негорючих теплоизоляционных материалов, которые обладают малой теплопроводностью в результате высокой пористости [1]. В промышленности используются различные способы формирования пористой структуры для производства теплоизоляционных материалов, основные из них: газообразование, пенообразование, высокое водозатворение, создание зернистой пористости (механическая диспергация), получение волокнистого каркаса, вспучивание минерального и органического сырья при нагревании, способ выгорающих добавок. В данном исследовании использовали способ пенообразования с применением раствора Пенострома [2]. В зависимости от назначения основной данных изделий являются такие материалы, как алюминия, базальт, диас, оксид, стекло, шамот и др. На территории Новосибирской области находится более 30 предприятий, которые используют огнеупорную продукцию на основе шамотного, корундового и других видов кирпичей. Последующая судьба отработанных теплоизоляционных материалов известна – это полигон для хранения техногенных отходов (рисунок 1). На данный момент степень утилизации огнеупорного лома составляет в среднем 50 % в странах Японии, Китая и США, а в России всего 30 % [3]. Актуальная стратегия развития промышленности строительных материалов в России до 2030 года – это создание производства современных, энергосберегающих и конкурентоспособных материалов, которые будут недорогими, безопасными, экологически чистыми и долговечными [4].

Развитие данной стратегии позволит рассматривать отходы строительного производства как вторичное сырье, использование которого после переработки позволит снизить затраты в 2-3 раза при строительстве объектов инфраструктуры и одновременно минимизировать техногенное воздействие на окружающую среду, связанное с размещением строительных отходов 5 класса, а в последующем исключить образование несанкционированных свалок [5]. Перспективным направлением использования отходов огнеупорных материалов является изготовление теплоизоляционных композитов, которое имеет важное практическое значение для развития экологически устойчивых технологий и стратегий в переработке и повторного использования отходов. Применение вторичного сырья огнеупорных материалов способствует снижению отходов и минимизации воздействия на окружающую среду, что делает его актуальным и перспективным направлением исследований [6].



Рис. 1 – Полигон для хранения техногенных отходов огнеупорных материалов

Целью работы является разработка состава для получения легких и пористых теплоизоляционных композитов, определение их свойств и исследование прочностных характеристик.

#### *Основная часть*

В работе исследована возможность получения композиционных материалов на основе вторичного сырья огнеупорных материалов (лом шамотного кирпича, фракций: менее 0,14 мм, менее 0,8 мм). Использование пенообразователя (пеностром 10 % р-р) и силикатного связующего (калийное жидкое стекло М – 2,5-4; плотность – 1,2 г/см<sup>3</sup>, натриевое жидкое стекло М – 2,5-4; плотность – 1,2 г/см<sup>3</sup>). Измельчение лома шамота проводили в шаровой мельнице (рисунок 2) с последующим разделением на фракции менее 0,14 мм (рисунок 3, а) и 0,315-0,8 мм (рисунок 3, б) [7]. Компоненты смешивали рамкой в миксере в течение 5 минут до получения однородной вспененной массы, которую укладывали в литевые формы (рисунок 4) с последующей сушкой при

50 °С в течение 24 часов. Далее следовала распалубка и обжиг изделия при температуре 900 °С в течение 4 часов, что придавало ему конструкционную прочность.



*a*



*б*

Рис. 2 – Шаровая мельница с фарфоровым барабаном:  
*a* – шаровая мельница, *б* – керамические шары и цилиндрессы для помола



*a*



*б*



*в*

Рис. 3 – Внешний вид шамотного огнеупора:  
*a* – исходный лом; *б* – фракция менее 0,8 мм;  
*в* – фракция менее 0,14 мм



Рис. 4 – Внешний вид литьевых форм

Изготовление композитных пеноматериалов можно разделить на два этапа. Первый этап: подготовка компонентов смеси. Проводили помол вяжущего вещества (шамот) в шаровой мельнице (рисунок 2, а). В барабан загружали материал, применяемый в качестве наполнителя, и керамические шары для помола (рисунок 2, б) в следующем соотношении 1:3 масс.ч. Путем отсеивания получили фракции стекла следующих размеров: меньше 0,14 мм, меньше 0,8 мм. Второй этап: приготовление смеси. Отбирали заданное количество исходных компонентов (шамот, наполнитель, ПАВ-добавка, жидкое стекло (ЖС)). Смесь тщательно перемешивалась в планетарном миксере в течение 5 минут до получения однородной массы. Готовый пеношамотный раствор разливался в предварительно смазанные литьевые формы. После это образцы выдерживали при комнатной температуре в течении 24 часов. На следующий день проводилась разборка опалубки и обработка образцов. Для снятия внутреннего напряжения материала, образцы отстаивались в 3-5 дней, при комнатной температуре. Опытным путем определено количество пенообразователя для получения однородной и устойчивой пены материала, оно составило 1,2 масс. %. В предыдущих исследованиях выявлено, что применение крупной фракции наполнителя приводит к образованию нестабильной пены. В результате этого в работе использовали соотношение шамота фракции менее 0,8 и менее 0,14 мм 1:2, соответственно. Результаты исследования пеношамотных композитов приведены в таблице 1, а внешний вид образцов после обжига при 900°C на рисунке 5.

**Таблица 1 - Характеристики пеношамотных композитов**

№ состава	Основа - шамот		Связка - ЖС				Вспениватель, масс. %	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Усадка, %	Прочность при сжатии,	pH
	фракция, мм	сод-е, масс. %	основа	модуль	плотность, г/см <sup>3</sup>	сод-е, масс. %		до обжига	после обжига			
1	<0,8	26,6	Na	2,5	1,2	20,2	1,2	0,67	0,7	4,2	-	7
	<0,14	53,3										
2	<0,8	26,6	Na	3	1,2	20,2		0,85	0,86	1,2	4,9	7
	<0,14	53,3										
3	<0,8	25,1	Na	3	1,4	24,5		1,4	1,42	2,1	17,2	7
	<0,14	50,1										
4	<0,8	26,6	K	4	1,2	20,2		0,94	1,01	6,2	19,1	7
	<0,14	53,3										
5	<0,8	26,6	Na	4	1,2	20,2		0,74	0,75	1,2	-	7
	<0,14	53,3										

Из табличных данных видно, что преобладание мелкой фракции шамота (менее 0,14 мм) в смеси приводит к устойчивости материала к усадке в процессе сушки и обжига, которая не превышала 10 %. Следовательно, мелочь равномерно распределяется в объеме смеси и



заполняет пространство между крупными частицами, тем самым укрепляет структуру пены до отверждения и самого материала при обжиге. В качестве связки применяли жидкое стекло разного модуля и плотности, в том числе на разной основе: калий и натрий. Образцы на основе калиевого ЖС получаются на 27 % более плотными (состав 4, табл. 1), чем на основе натриевого ЖС (состав 5, табл. 1). Из табличных данных видно, что с увеличением модуля натриевого жидкого стекла с 2,5 до 4 (составы 1, 2, 5) при одинаковой плотности ( $1,2 \text{ г/см}^3$ ) снижается усадка при сушке и последующем обжиге материала с 4,2 до 1,2 %. Данный факт связан с тем, что чем выше модуль ЖС, то тем больше образуются молекулярных соединений и прочнее связь между частицами наполнителя (шамота).

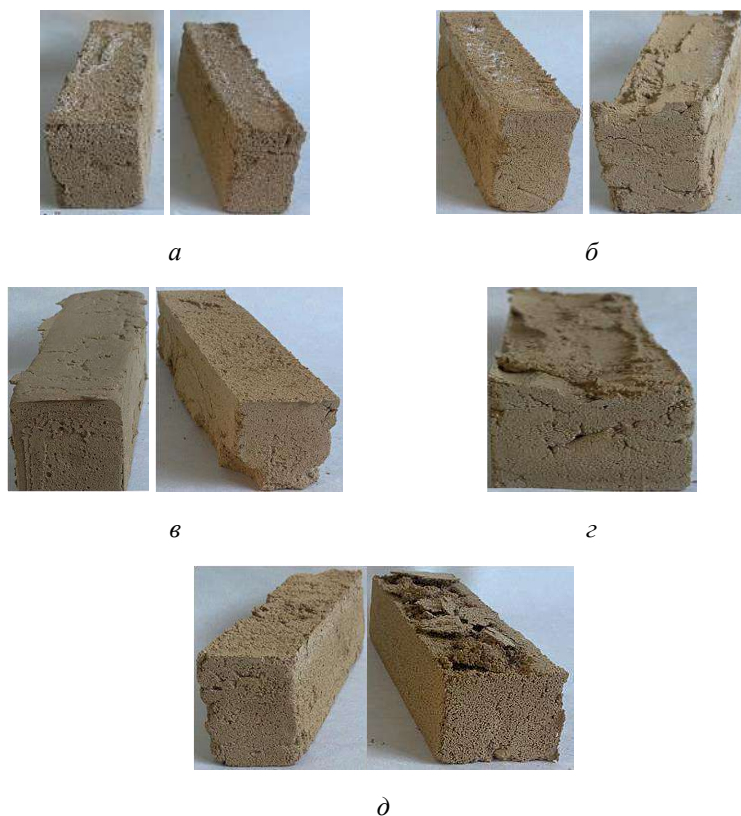


Рис. 5 Внешний вид пенокомпозигов:  
*а* – состав 1; *б* – состав 2; *в* – состав 3; *г* – состав 4; *д* – состав 5

Из рисунка 5 видно, что структура образцов однородная, поры закрытые и равномерно распределены по объему. Вышперечисленное будет способствовать низкой теплопроводности материала. Получено не менее 5 составов пенокомпозигов с заданными свойствами. Определено, что термическая обработка композигов при 900°С приводит к нейтральному значению рН (рН=7) поровой жидкости. Предварительные исследования показали, что прочностные характеристики композигов не уступают свойствам теплоизоляционных материалов на основе природного сырья и продающихся на рынке.

#### Литература:

1. «Строение теплоизоляционных материалов» [Электронный ресурс] / Архитектурная энциклопедия – Дата публикации в Интернет: 16.12.2021. – URL: <https://arxipedia.ru/teploizolyacionnye-i-ogneupornye-materialy/stroenie-teploizolyacionnyx-materialov.html> (дата обращения: 09.11.2022)

2. «Способы образования пористой структуры материалов» [Электронный ресурс] / Разные способы – URL: <https://molotokrus.ru/sposoby-obrazovaniya-poristoy-struktury-materialov/> (дата обращения: 18.10.2023)

3. Плехова С.И., Кругляков Д.С., Сулейманов К.А. Теплоизоляционные композиты с использованием вспученного перлитового песка и отходов его производств // Научные технологии и инновации: Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения) – Белгород: Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2012. – Том 3. – С. 288–291

4. «Распоряжение правительства Российской Федерации "Развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года" от 10 мая 2016 № No 868-р» [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал правовой информации – Дата публикации в Интернет: 10.05.2016. – URL: <http://static.government.ru/media/files/RnBfAw072e3tmmykU2lrh1LI1HaNeG0q.pdf> (дата обращения: 10.11.2023)

5. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2007. – №7. – С. 113-116

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ПРЕСНОВОДНОГО ОЗЕРА

**Д.П. Скорикова, А.П. Банникова**  
**Алтайский государственный технический университет**  
**им. И.И. Ползунова,**  
**г. Барнаул, skorikova\_daria@mail.ru**  
**Научный руководитель: Горелова О.М., к.т.н., доцент**

*В работе рассматривается реабилитация озера Завьяловское в Алтайском крае. Технология восстановления водоема предполагает изъятие придонного слоя, смешение с флокулянтом и намыв на прилегающие территории. Исследовательская часть посвящена выбору флокулянта и подбору его дозы. По результатам работы предлагается использование флокулянта Гринлайф К35.*

*The paper considers the rehabilitation of Lake Zavyalovskoye in the Altai Territory. The technology of restoration of the reservoir involves the removal of the bottom layer, mixing with flocculant and alluvium on adjacent territories. The research part is devoted to the choice of flocculant and the selection of its dose. According to the results of the work, the use of Greenlife K35 flocculant is proposed.*

В Завьяловском районе Алтайского края проводятся работы по восстановлению пресноводного озера в рамках федерального проекта «Сохранение уникальных водных объектов». Такие мероприятия, как правило, направлены на оздоровление не только водоема, но и прилегающего к нему ландшафта.

Традиционно, восстановление озер связано с изъятием накопленных за длительный период (от сотен до тысячи лет) донных отложений. Это увеличивает объем водоема, улучшает качество воды в нем, меняет видовой состав как водной экосистемы, так и на прибрежных территориях. Кроме того, в озеро увеличенного объема будут поступать излишки воды с переувлажненных прилегающих земель, что сделает его ценным водоисточником в периоды маловодья.

Старение озера идет самопроизвольно, в ходе естественных природных процессов, но может ускоряться при антропогенном влиянии. Это проявляется в постепенном наполнении бассейна донными отложениями, изменении физико-химических процессов во всем объеме, возникновении заморных явлений.

Удаление озерных напластований будет способствовать омоложению озера в целом, так как углубление дна даже на 1 м возвратит жизнь озеру на 100 лет – будет происходить обмен веществ между водой и донными отложениями, сформировавшимися век назад.

Верхние слои донных отложений пресноводных озер могут изымаются чаще всего

гидромеханизированным способом [1]. Такая выемка не приводит к значительному изменению многолетних отметок уровня воды и не требует возведения дамб или насосных станций. Грунт, выбранный со дна озера (сапропель) может быть применен для органического землепользования. Проведение мероприятий по дноуглублению и оздоровлению озера не должно существенно нарушать экологическое равновесие в водоеме и на прилегающих территориях.

Придонные залежи, извлекаемые земснарядами, являются сильно обводненными. Естественное обезвоживание осадков является очень длительным периодом, поэтому используются различные приемы для интенсификации разделения жидкой и твердой фазы. В большей степени применение флокуляция.

Полимерные флокулянты используются для ускорения процессов разделения твердой и жидкой фаз при очистке питьевой воды, сточных вод и обезвоживания осадков. Они обладают рядом преимуществ: биоразлагаемостью, нетоксичностью, способностью подвергаться различным химическим модификациям и широкой доступностью.

Применение флокулянтов в технологии оздоровления озера будет способствовать уменьшению сроков обезвоживания и уплотнения намытых осадков, исключит протекание нежелательных процессов, обусловленных избыточным влагосодержанием.

Целью данной работы является подбор наиболее эффективного флокулянта для обезвоживания осадков пресноводного озера Завьяловское.

Для проведения натурных исследований по флокуляции были взяты обводненные осадки с озера Завьяловское. В качестве флокулянтов рассматриваются реагенты: Гринлайф К35, Сибфлок 718, Суперфлок.

Предварительно для предоставленных образцов проводилось определение сухого остатка, для чего образцы массой 100 г высушивались в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянства массы. Доля сухого остатка составила 21,2 % масс.

Оценка эффективности действия флокулянта проводится путем определения мутности осветленного слоя по ГОСТ Р 57164-2016 [2]. Предварительно была проведена градуировка спектрофотометра ПЭ-5400 уф, для чего готовились растворы суспензий формазина из стандартного образца.

При изучении процесса флокуляции варьировались:

- концентрации рабочих растворов флокулянтов в диапазоне от 2 до 5 г/л;

- дозы флокулянтов в диапазоне от 1 до 20 мл на 100 мл образца суспензии придонного осадка.

По результатам проведенных исследований наибольшую эффективность при разделении предоставленных суспензий показал флокулянт Гринлайф К35, оптимальная доза реагента – 2 мл 0,5%-ного раствора на 100 г изучаемого образца.

Подбор оптимальной дозы реагента для обезвоживания придонного осадка будет способствовать ресурсосбережению при реализации технологии реабилитации пресноводного озера. Восстановление озера с последующим использованием в качестве водисточника и объекта рекреации будет являться примером рационального природопользования.

Литература:

1. Попов А.Н. Выбор приоритетных действий, направленных на экологическую реабилитацию непроточных и малопроточных озер [Электронный ресурс] // Водное хозяйство России: электрон. науч.-практ. журн. – №5. – 2017. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-prioritetnyh-deystviy-napravlennyh-na-ekologicheskuyu-reabilitatsiyu-neprotochnyh-i-maloprotochnyh-ozer> (дата обращения: 10.11.2023). – doi: 10.35567/1999-4508-2017-5-5.

2. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности = Drinking water. Methods for determination of odour, taste and turbidity. Введ. 2018-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ООО «СОЛНЦЕВСКИЙ УГОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ»**

**А.В. Тимофеева, Д.А. Цыганков**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, [nasty.timofeeva2002@mail.ru](mailto:nasty.timofeeva2002@mail.ru),**

**[tsygankov@corp.nstu.ru](mailto:tsygankov@corp.nstu.ru)**

*В работе представлено обоснование рационального использования водных ресурсов Углегорского района Сахалинской области при разработке Солнцевского бурогоугольного месторождения. Рассмотрены мероприятия по предотвращению истощения и загрязнения водных биологических ресурсов.*

*The paper presents the rationale for the rational use of water resources of the Uglegorsky district of the Sakhalin region during the development of the Solntsevo*

*brown coal deposit. Measures to prevent depletion and pollution of aquatic biological resources are considered.*

## **Введение**

Добыча угля является одной из ключевых отраслей промышленности Российской Федерации. Основные потребители угля на внутреннем рынке – это тепловые электростанции и коксохимические заводы.

По данным ЦДУ ТЭК, фонд действующих угледобывающих предприятий Росси в первом полугодии 2023 г. насчитывает 189 предприятий, в том числе 54 шахты и 135 разрезов [1, с. 5–6].

Открытая разработка угля оказывает сильное негативное воздействие на окружающую среду и, в том числе, на водные ресурсы. Известно, что устойчивое функционирование любого горнодобывающего предприятия связано с обеспечением его водными ресурсами и их рациональным использованием. Поэтому важной задачей для каждого угольного предприятия является минимизация воздействия на объекты водной среды и очистка попадающих в них промышленных стоков.

Солнцевское бурогольное месторождение расположено на западном побережье центральной части о. Сахалин – в Углегорском районе Сахалинской области.

Ключевыми потребителями отгружаемого угля являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона - Китай, Южная Корея, Индия, Таиланд, Япония, Сингапур и Малайзия [2, с. 36].

Горные работы на рассматриваемом предприятии затрагивают такие малые реки как Тарасовка, Федора, Полтавка, Углегорка и Лесная.

## **Обоснование параметров рационального сброса водных ресурсов ООО «СУР»**

Возможными источниками загрязнения поверхностных и подземных вод при эксплуатации объекта горнодобывающей промышленности являются:

- поверхностный сток с территории предприятия;
- карьерные сточные воды.

Поскольку западная (г. Лев, г. Рак и г. Туманная), а также восточная (склоны Приморского хребта) стороны разреза окружены цепью горных массивов, то вода с их вершин стекает по склонам прямо в карьерную выемку откуда вследствие разработки угля попадает в реки, используемые для хозяйственно-бытовых нужд населения. Чтобы этого не происходило были приняты инженерные решения по отведению рек за пределы контура разреза. Формирование стока наносов в данных водотоках связано с условиями эрозии на водосборах и в руслах рек. Интенсивность водной эрозии обусловлена такими факторами как

климат, характер подстилающей поверхности, типы почв и их состав, а также скорость потока воды в русле.

Затопление карьерной выемки за счёт притока подземных вод и атмосферных осадков исключается вследствие использования зумпфа для сбора, отстаивания и перенаправления грунтовых вод на очистку к локальным очистным сооружениям. При этом их дальнейший сброс производится в водоёмы рыбохозяйственного назначения.

В качестве источника питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения и технологического обеспечения водой объектов предприятия используется водозабор подземных вод на участке недр «Тарасовка». Качество воды соответствует требованиям, предъявляемым к воде питьевого назначения.

На действующем предприятии предусмотрено функционирование трёх систем канализации - бытовой, дождевой и карьерного водоотлива.

На промплощадке в бытовую канализацию отводятся стоки от санитарных приборов. Очистка бытовых стоков предусматривается на очистных сооружениях бытовых сточных вод, расположенных на одной площадке с очистными сооружениями карьерных вод.

Дождевые и талые поверхностные воды с промплощадки очищаются на локальных очистных сооружениях. Сброс очищенных вод, очищенных до норм рыбохозяйственных ПДК, осуществляется в ближайший поверхностный водоток.

Карьерные воды водоотливными насосными установками, расположенными в карьере у водосборника, подаются на очистные сооружения, предусматривающие их очистку до ПДК для сброса в реки рыбохозяйственной категории. Очищенные карьерные воды используются на производственные цели - поливка автодорог, орошение забоя перед взрывом и отвалов. При этом избыточное количество после очистки сбрасывается в бассейн р. Углегорка.

#### **Мероприятия, направленные на минимизацию негативного воздействия на водные объекты**

На период эксплуатации предприятием предусмотрены следующие мероприятия, направленные на минимизацию негативного воздействия на поверхностные водные объекты:

- сбор и очистка всех категорий сточных вод;
- ведение учёта объёма сброса сточных вод и их качества;
- рациональное использование воды – использование очищенной воды на производственные нужды. Использование сточных вод на производственные нужды приводит к снижению объёма сбрасываемых сточных вод в природный водный объект;

- перед сбросом в поверхностные водные объекты, сточные воды подлежат обязательной очистке и обеззараживанию;
- устройство защитного противοfiltrационного экрана по дну и откосам водосборников;
- содержание в исправном техническом состоянии очистных сооружений;
- ведение регулярных наблюдений за состоянием поверхностного водного объекта (его морфометрическими особенностями), количественными и качественными показателями состояния, а также за режимом использования водоохраннх зон;
- проведение ремонта и заправку горючим горного оборудования осуществлять только на специально отведенных местах, обнесенных предохранительным валом и канавкой;
- установка уборных или биотуалетов на территории горных работ;
- регулярный вывоз хозяйственно-бытовых стоков из выгребных ям на очистные сооружения;
- продолжение работ по мониторингу за состоянием поверхностных и подземных вод;
- соблюдение требований Водного кодекса РФ по ограничению хозяйственной деятельности в границах водоохраннх зон и прибрежных защитных полос;
- ведение мониторинга за загрязнением подземных вод. Наблюдения осуществляются на фоновой и контрольной наблюдательных скважинах.

### **Выводы**

1. По результатам проведённых научных исследований было установлено, что рациональное использование водных ресурсов на угледобывающем предприятии «Солнцевский угольный разрез» является актуальной проблемой.

2. С целью недопущения избыточного загрязнения малых рек Тарасовка, Федора, Полтавка, Углегорка и Лесная предприятием налажено бесперебойное функционирование трёх канализационных систем с очисткой воды до требуемых стандартом величин качества.

3. В качестве дополнительных мер рационального использования водных ресурсов предприятием ведётся учёт стоков, очищенная вода используется в производственно-технологических циклах разреза, а также осуществляется мониторинг качества воды в поверхностных объектах.



Литература:

1. Мешков, Г. Б., Петренко И. Е., Губанов Д. А. Итоги работы угольной промышленности России за первое полугодие 2023 г. // Уголь. - 2023. - № 9. - С. 5–13.
2. Солнцевский разрез - Флагман дальневосточной угледобычи // Уголь. - 2019. - №3. - С. 36 - 39.

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ РАСЧЕТ ВРЕДА РЕКЕ ЛЕНЕ ОТ АВАРИИ ТАНКЕРОВ В 2023 ГОДУ**

**Л. Е. Хайров**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск**

**Научный руководитель: Александров В. Ю., к.х.н., с.н.с., доцент**

*Проведен альтернативный расчет экологического ущерба от аварии танкеров на реке Лене в 2023 году по методике исчисления вреда, установленной Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Выявлено значительное превышение данных по ущербу по сравнению с данными государственного экологического надзора.*

*The article describes the work done to adjust the data for calculating environmental damage from tanker collision on the Lena River in 2023. The methodology for calculating harm established by the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation was used. A significant excess of damage data was revealed compared to state environmental supervision data.*

Результаты гидрохимических наблюдений, отраженные в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области в 2022 году» [1] свидетельствуют, что проблема загрязнения поверхностных вод реки Лены остается актуальной. По последним наблюдениям воды бассейна этой реки соответствуют третьему классу качества поверхностных вод, то есть «загрязненные и очень загрязненные» [2]. Одним из самых распространенных загрязнений реки Лены является загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами, в том числе связанное с потерями в результате аварий при транспортировке.

В июне 2023 г. в Киренском районе Иркутской области, вблизи поселка Алексеевск, произошла авария двух танкеров. «Нефтеналивной теплоход “Ерофей Хабаров”, принадлежащий ПАО “Ленское объединенное речное пароходство” столкнулся с баржей МН-

2537 в составе теплохода ТР 901, принадлежащего ООО «Алексеевская ремонтно-эксплуатационная база флота». В результате аварии в реку попало около 82 тонн бензина» [3]. В районе, где произошло столкновение, был введен режим чрезвычайной ситуации.

«По предварительной оценке, проведенной Братским отделом государственного экологического надзора Межрегионального управления Росприроднадзора по Иркутской и Байкальской природной территории, ущерб окружающей среде в результате разлива горюче-смазочных материалов составил 839 млн рублей» [3].

Цель работы – произвести корректировку рассчитанного ущерба, нанесенного окружающей среде в результате аварии.

Расчет экологического ущерба производился по установленной Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации методике исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [4] по формуле (1).

$$У = K_{вг} \cdot K_{в} \cdot K_{ин} \cdot K_{дл} \cdot \sum_{i=1}^n H_i \quad (1),$$

где:

У – размер вреда, млн руб.;

$K_{вг}$ ,  $K_{в}$ ,  $K_{ин}$  – коэффициенты, значения которых определяются в соответствии с пунктом 11 настоящей Методики [4];

$K_{дл}$  – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации, определяется в соответствии с таблицей 4 приложения 1 к Методике. Данный коэффициент принимается равным 5 для вредных (загрязняющих) веществ, в силу растворимости которых в воде водного объекта не могут быть предприняты меры по ликвидации негативного воздействия;

$H_i$  – такса для исчисления размера вреда при загрязнении в результате аварий водных объектов  $i$ -м вредным (загрязняющим) веществом определяется в зависимости от его массы, млн руб.

Полученный размер вреда составил 979,017 млн руб., что в 1,17 раза превышает размер вреда, рассчитанный Межрегиональным управлением Росприроднадзора по Иркутской и Байкальской природной территории. Вероятной причиной может быть занижение «Коэффициента, учитывающие длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации». В связи с тем, что в [3] отсутствует информация о принятии таких мер, нами принято максимальное значение этого коэффициента  $K_{дл}=5,0$ . Проведение эффективных действий по локализации и сбору нефтепродуктов в текущей реке представляется маловероятным. Кроме

того, не найдена информация по оценке вреда рыбным запасам реки, что необходимо учитывать в комплексной оценке вреда водному объекту.

#### Выводы

1. Представленный в открытых источниках информации размер вреда р. Лена в ходе аварийного разлива нефтепродуктов в июне 2023 г., нам представляется заниженным в 6 раз.

2. В дальнейшей работе планируется более детальная оценка эколого-экономического ущерба аварии, с учетом вреда биологическим ресурсам реки.

#### Литература:

1. Г 72 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2022 году». – Иркутск: ООО «Максима», 2023 г. – 285 с.: ил.

2. Джамалов Р. Г. и др. Особенности химического состава и качества воды в бассейне реки Лены // Вода и экология: проблемы и решения. – 2021. – №. 3 (87). – С. 33-43.

3. Ответ Генеральной прокуратуры Российской Федерации Депутату Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации Арапову Г. К.

4. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства. Утв. Приказом МПР от 13.04.2009 №87.

## **ТЯЖЕЛЫЕ НЕФТЯНЫЕ ОСТАТКИ И СПОСОБЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

**Г.А. Цыганский, А.С. Милюшина**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, AlexCsh@yandex.ru**

**Научный руководитель: Милюшина А.С., к.т.н.**

*В работе даны определения понятиям тяжелых нефтяных остатков и рассмотрены их отличия. Представлены и описаны основные методы переработки тяжелых нефтяных остатков. Рассмотрены достоинства и недостатки каждого метода. Определены перспективы применения метода гидрокрекинга тяжелых нефтяных остатков.*

*The paper defines the concepts of heavy oil residues and considers their differences. The main methods of heavy oil residue processing are presented and described.*

*Advantages and disadvantages of each method are considered. The prospects of application of the method of hydrocracking of heavy oil residues are determined.*

Потенциал нефти определяется её фракционным составом, который показывает, сколько фракций, пригодных для выработки товарных нефтепродуктов, может быть отогнано из нефти в процессе прямой перегонки. Очень легкие нефти содержат много бензиновых и дизельных фракций и мало мазута. Тяжелые же нефти содержат до 70-80 % неперегоняемого остатка. В среднем в типичной нефти содержится до 20 % растворенных газообразных углеводородов и бензиновых фракций, до 30 % среднедистиллятных (дизельное топливо и керосин) и 50-60 % мазута. Фракции, отгоняющиеся от нефти путем дистилляции и имеющие зафиксированное начало и конец кипения, так и называют *дистиллятными*. В зависимости от условий перегонки дистилляты подразделяют на: *атмосферные*, полученные при нормальном давлении, и *вакуумные*, – при пониженном давлении. После атмосферной разгонки остается *мазут*, после вакуумной – *гудрон* [1].

Гудрон – остаток вакуумной перегонки, который содержит дистилляты, алканы, циклоалканы и арены, а также смолы и асфальтены. Гудроны различных нефтей резко отличаются по групповому составу. Они содержат меньше алкано-циклоалканов, чем высококипящие масляные фракции, однако, в общем, сохраняют особенности группового состава масляных фракций. Гудроны могут использоваться непосредственно в качестве компонента котельного топлива или сначала подвергаться висбрекингу (легкому термокрекингу).

Гудрон остается после вакуумной перегонки мазута. Его выход колеблется в пределах 10-45 % от массы нефти в зависимости от ее природы. В гудроне концентрируется большая часть гетероатомов и почти все металлы. Содержание ванадия в некоторых гудронах может достигать 0,05 %, и такие гудроны иногда рассматриваются как его источник. Существует много процессов переработки гудрона в ценные продукты.

В таблице 1 представлены деструктивные процессы, которые применяются для углубления переработки нефтяного сырья; сырье, используемое для этих процессов, и продукты, получаемые в ходе представленных процессов [1].

Как видно из представленной таблицы 1, гудрон является сырьем как минимум из трех процессов из семи: висбрекинг, коксование, гидрокрекинг. Однако прежде, чем рассуждать о плюсах и минусах этих процессов при переработке гудрона, позначимся с такими процессами как термический и каталитический крекинг.

**Таблица 1 – Деструктивные процессы для углубления переработки нефтяного сырья**

№	Процесс	Типичное сырье	Основные продукты
1	Термокрекинг	Тяжелые фракции и остатки	Дистиллятные фракции, остаток термокрекинга
2	Каталитический крекинг	Вакуумный газоль, деасфальтизированные тяжелые фракции вторичных процессов	Угледородные газы, в том числе олефиновые, бензиновые фракции, легкие и тяжелые газойли, крекинг-остаток
3	Висбрекинг	Мазут, гудрон	Дистиллятные фракции, котельное топливо
4	Коксование	Гудрон, тяжелые остатки различных процессов	Бензиновые фракции и газойли коксования, кокс
5	Пекование	Высокоароматизированные нефтяные остатки, смолы пиролиза, асфальтиты	Бензино-газойлевые фракции, пек
6	Производство технического углерода	Высокоароматизированные нефтяные остатки, смолы пиролиза, асфальтиты	Сажа
7	Гидрокрекинг	Вакуумный газойль, гудрон, деасфальтизат	Высокостабильные малосернистые дистиллятные фракции, и крекинг-остаток

*Термический крекинг (термокрекинг) [1, 3-5]*

Процесс термического крекинга проводят при температурах 470–510 °С и давлении 0,5–7 МПа. В качестве сырья в данном процессе используют тяжелые нефтяные остатки. После нагрева сырья в реакционной печи до требуемой температуры, продукты разложения поступают во фракционную колонну. При температурах термокрекинга основная масса сырья, особенно легкого дистиллятного, испаряется и находится в парообразном состоянии. Это является минусом процесса, так как количество паров оказывается слишком большим и требует больших реакционных объемов. Чтобы противодействовать этому,

термокрекинг проводят под давлением 2–7 МПа, так как при более высоком давлении развиваются нежелательные процессы уплотнения. Материальный баланс термокрекинга в общем случае представлен в таблице 2, хотя эти данные могут варьироваться в зависимости от взятого сырья.

**Таблица 2 – Материальный баланс термокрекинга**

Наименование продукта	Количество продукта, %
Углеводородные газы	2-4
Жидкие летучие углеводороды	3-4
Крекинг-бензин	15-20
Термогазойль	15
Остаток	остальное

*Висбрекинг* [3-5]

Висбрекинг – это термический крекинг тяжелых остатков, который проводится в сравнительно мягких условиях: при температуре 450-500 °С и давлении 0,5-3,0 МПа. Этот процесс используется для получения котельного топлива из гудрона путем снижения его вязкости за счет расщепления длинных молекул парафиновых и нефтяных углеводородов и части асфальтенов. Так как целью является именно снижение вязкости, увеличения выхода дистиллятных фракций особенно не преследуют. Зато экономятся дистилляты, которые пришлось бы добавлять к гудрону для придания ему свойств товарного котельного топлива. Слабым местом установки процесса является печь, трубчатка которой быстро закоксовывается. Степень конверсии сырья не превышает 15-20 %. При более высокой конверсии вязкость жидкого остатка увеличивается и ухудшается его физическая стабильность вследствие увеличения количества промежуточных коксообразующих соединений. В таблице 3 представлен примерный материальный баланс висбрекинга гудрона.

**Таблица 3 – Материальный баланс висбрекинга**

Наименование продукта	Количество продукта, %
Бензиновая фракция	4-5
Газойлевая фракция	10-12
Остаток висбрекинга	82-85
Газ, кокс, потери	остальное

Бензины висбрекинга характеризуются высоким содержанием серы (0,5-1,0%) и непредельных углеводородов. Вследствие этого их октановое число составляет всего лишь 65-66 ед. (м.м.). В товарные топлива такие бензины не вводятся, а направляются на вторичную переработку. Обычно после гидроочистки бензины висбрекинга в смеси

с прямогонными подвергают риформингу или каталитическому крекингу.

#### *Каталитический крекинг* [1-3]

В начальный период переработки нефти термические процессы были единственной возможностью обеспечить выход светлых дистиллятов из тяжелых нефтяных остатков. Однако со временем появились более эффективные *каталитические* процессы.

Термический крекинг был усовершенствован Н.Д. Зелинским, который в 1920-1922 гг. получил первый советский крекинг-бензин путем пирогенетического разложения соляровых масел в присутствии катализатора безводного хлористого алюминия. Промышленное значение получили кислые глины (монтмориллониты). Но широкое распространение каталитический крекинг получил только в середине 1930-х годов, когда Э. Гудри открыл алюмосиликатные катализаторы, составившие целую эпоху в нефтепереработке. С этого времени каталитический крекинг постоянно совершенствовался и к настоящему моменту занял ведущее место среди процессов, углубляющих переработку нефти. Два-три десятилетия алюмосиликаты не имели конкурентов и лишь в 60-е годы стали постепенно заменяться на более эффективные цеолиты. Цеолиты – фактически те же алюмосиликаты, но кристаллические, в то время как катализаторы Гудри были аморфными. К сожалению, цеолиты сравнительно дороги, а по механической прочности и термической устойчивости сильно уступают аморфным алюмосиликатам. Сочетая достоинства тех и других, цеолиты наносят на аморфные алюмосиликатные носители в количестве около 10%. Такие цеолитсодержащие катализаторы достаточно прочны, а по селективности превосходят аморфные. Преимущества цеолитсодержащих катализаторов над алюмосиликатными представлены в таблице 4.

**Таблица 4 – Выход продукта каталитического крекинга парафинистого сырья**

Наименование продукта	Алюмосиликатный катализатор	Цеолитсодержащий катализатор
	Выход продуктов, мас. %	
Водород и газообразные углеводороды C1-C4	20	21
Бензиновая фракция	35-40	45-50
Легкий газойль	10-15	8-12
Тяжелый газойль	15-17	16-20
Кокс	5-7	3-5

Как говорилось ранее, каталитический крекинг перед термическим имеет ряд преимуществ:

Во-первых, скорость каталитического процесса в одних и тех же условиях на один-два порядка выше скорости термического. Вследствие увеличения скорости реакции повышается производительность установки и улучшается качество получаемого продукта. Сырье находится в реакционной зоне существенно меньше времени и претерпевает меньшее термическое воздействие, т.е. температура каталитической реакции обычно ниже, чем термической. В результате продукт получается более стабильным, образуется меньше кокса и газов.

Во-вторых, механизм каталитического крекинга таков, что способствует образованию разветвленных углеводородов с достаточно высоким октановым числом. Октановое число современных бензинов каталитического крекинга, определенное по исследовательскому методу, достигает 94 ед.

Недостатком метода каталитического крекинга является уязвимость катализаторов крекинга. Катализаторы теряют свою активность из-за отравления некоторыми металлами, содержащимися в тяжелом сырье. Устойчивость катализаторов к каталитическим ядам можно повысить, применяя так называемые пассиваторы тяжелых металлов или использовать в качестве добавки поглотители оксидов серы и промоторы дожига оксида углерода, образующихся при регенерации катализатора.

#### *Коксование [1, 4, 5]*

Коксование – это способ переработки тяжелого нефтяного сырья, который, по сути, представляет собой термический крекинг в очень жестких условиях. Этот процесс имеет в своей основе две цели, который иногда противоречат друг другу: В этом случае тщательно выбирают сырье и строго выдерживают условия процесса

1) получение высококачественного кокса, необходимого для производства ответственных изделий (электродов, конструкционных материалов);

2) переработка тяжелых остатков в максимально возможное количество легких продуктов. Для данного направления разработаны процессы типа флексикокинг, в котором образуется много легких углеводородов и низкокачественный порошкообразный кокс, пригодный лишь для использования в качестве топлива.

Кокс, газообразные продукты, а также бензиновую и газойлеву фракции получают при нагреве нефтяных остатков до 440-560 °С при давлении до 7 МПа. Выход жидких фракций, которые после облагораживания могут быть использованы в качестве компонентов моторных топлив, достигает 60-70 % в зависимости от сырья. Сырьем служат остатки различных процессов нефтепереработки, экстракты масляного производства, тяжелая смола пиролиза и другие продукты,



непригодные для переработки другими методами. Все это позволяет рассматривать коксование в качестве важного углубляющего процесса.

Первые установки коксования представляли собой кубы периодического действия, в которых сырье нагревалось и превращалось в крупнокусковой электродный кокс. Сам по себе данный процесс был прост, но малопроизводителен. Выгрузка кокса представляла собой трудоемкую операцию, а кубы служили недолго. Основным современным процессом является замедленное коксование. Сущность его заключается в том, что сырье нагретое примерно до 500 °С подают в необогреваемые камеры большого объема. Здесь оно выдерживается в течение суток и более, претерпевая превращения за счет собственного тепла. При коксовании протекают те же химические реакции, что и при крекинге, но заходят гораздо дальше. Выход кокса зависит от сырья и составляет 25-35 %, остальное – газ и жидкие летучие продукты, которые непрерывно удаляются из камеры сверху и направляются в ректификационную колонну. После того как камера заполнится коксом на 70-80 %, ее отключают, кокс охлаждают, а затем гидрозакатом (струями воды под давлением 15-30 МПа) вытесняют из камеры.

#### *Гидрокрекинг [1, 4, 5]*

Гидрокрекинг – это процесс каталитического крекинга в среде водорода при высоком давлении. Этот процесс является наиболее перспективным для переработки тяжелого сернистого сырья: газойлей, деасфальтизатов, гудронов, нефтяных остатков. При гидрокрекинге одновременно протекает несколько реакций, разных по природе:

- расщепление углеводородов;
- изомеризация углеводородов;
- гидрирование.

Избыток водорода подавляет побочные реакции полимеризации и коксования и позволяет не предъявлять к сырью слишком высоких требований по содержанию серы. Получаемые продукты насыщаются водородом и благодаря этому стабильны и характеризуются сравнительно низким содержанием серы, ароматических углеводородов и смол. Гидрокрекинг – единственный деструктивный процесс, позволяющий расширить ресурсы реактивного топлива.

При проведении данного процесса можно условно выделить легкий (мягкий) и глубокий (жесткий) гидрокрекинг. Граница между ними, не очень определенная, но может быть установлена по степени превращения сырья. Если деструкции подвергается до 50 % углеводородов, то это легкий гидрокрекинг, если больше, то глубокий. Легкий гидрокрекинг дешевле, но ограничен в своих возможностях. Вследствие низкого давления конверсия данного процесса невысока, поэтому выходы

дистиллятных фракций невелики. Кроме того, если для глубокого гидрокрекинга пригодно любое сырье вплоть до *гудрона*, то на мягкий гидрокрекинг направляют обычно дистиллятные фракции. Еще одним вариантом гидрокрекинга, рассчитанным на переработку самых тяжелых остатков, содержащих большие количества серы, металлов и других примесей, является *гидроконверсия*. Она протекает в условиях промежуточных между легким и глубоким гидрокрекингом и позволяет получить достаточно много дистиллятных фракций. Этот процесс в России пока не вышел из стадии исследований, но может быть весьма перспективным.

В мягких условиях конверсия сырья не превышает 50%, а основными продуктами реакции являются нафтеновые и нафтенароматические углеводороды, в жестких образуются ароматические, нафтенароматические, парафиновые и изопарафиновые углеводороды. Условия гидрокрекинга благоприятствуют изомеризации парафинов. Содержание изопарафинов в легкой фракции крекинга может достигать 85 %.

Гидрокрекинг проводят в одну или две стадии:

1) на первой стадии используют стойкие к отравлению серой алюмокобальтмолибденовые или алюмоникельмолибденовые катализаторы, на которых, собственно, осуществляется гидроочистка сырья;

2) на второй – подготовленное сырье контактирует с активными катализаторами на базе металлов VII и VIII групп (никеля, вольфрама, палладия, платины и др.).

Установки гидрокрекинга могут работать в трех режимах:

- на бензин;
- на дизельное топливо;
- на реактивное топливо.

Выбор целевого продукта определяет выбор сырья и параметры процесса. Чем легче получаемый продукт, тем легче должно быть сырье. Чем тяжелее и ароматизированнее сырье, тем большее давление приходится поддерживать в реакторе во избежание коксования и потери активности катализатора.

В случае дистиллятных фракций гидрокрекинг проводят под давлением 5-15 МПа, остаточных – более 15 МПа. Время нахождения сырья в реакционной зоне составляет несколько секунд; чем больше время реакции, тем легче получаемый продукт, Кратность циркуляции водорода поддерживается в пределах 500-2000 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, температура – 360-440 °С.

Выход дизельных фракций при гидрокрекинге составляет около 50 %, суммы дизельных и керосиновых – до 70 % на исходное сырье (вакуумный газойль). При такой схеме крекинга выход бензинов может достигать 20 %. Благодаря высокому содержанию изопарафинов (в бутановой фракции содержится 60-80 % изобутана, во фракции C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> – 90-96% изопарафинов) октановые числа, определенные исследовательским и моторным методами, примерно равны и составляют около 85. Оптимальным вариантом считается использование легкой фракции, выкипающей до 85 °С, которая содержит 80-90% парафинов, 10-20 % нафтенов и до 5 % бензола, имеющая октановое число по исследовательскому методу 84-87 ед., в качестве компонента бензина, а более тяжелой – в качестве сырья для риформинга.

*Гидрокрекинг* является одним из наиболее технологичных процессов нефтепереработки, благодаря которому можно получить светлые фракции отличного качества. Также на стадии исследований находятся усовершенствования процесса гидрокрекинга, например поиском альтернативных источников водорода [6].

#### Литература:

1. Данилов А.М. Книга для чтения по переработки нефти. – СПб.: ХИМИДАТ, 2012. – 352 с.
2. Алиев Р. Р. Катализаторы и процессы переработки нефти. М., 2010. – 308 с.
3. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
4. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Ч. 2. Деструктивные процессы. М.: КолосС, 2007. – 334 с.
5. Смидович Е. В. Технология переработки нефти и газа. Ч. 2. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов. М.: Химия, 1980. 328 с.
6. Chesnokov V.V., Dik P.P., Nikityonok A.V., Chichkan A.S., Parmon V.N. Comparative Analysis of the Effects of Hydrogen and Formic Acid on the Vacuum Residue Hydrocracking // Chemical Engineering Journal. 2022. V.449. 137839:1-9.

## ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЫ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ НА КАТАЛИЗАТОРАХ $ZrO_2@SBA-15$

**Я.Р. Шаер, С.А. Новикова**

**Сибирский федеральный университет,  
Институт химии и химической технологии СО РАН г.  
Красноярск, yshaer@mail.ru  
Научный руководитель: Новикова С.А., к.т.н., доцент**

*В работе синтезированы катализаторы  $ZrO_2@SBA-15$  методами соконденсации и пропитки по влагоемкости. Производили выделение гемицеллюлоз варкой древесины осины. Катализаторы испытаны в процессе гидролиза-окисления гемицеллюлоз при температурах 120,150,180°C с целью получения муравьиной кислоты. Оптимальной являлась температура 150°C, при которой наблюдался максимальный выход муравьиной кислоты и минимальный выход углекислого гада. Катализаторы, полученные методами сконденсации и пропитки позволили достигнуть выхода муравьиной кислоты в 28,4 и 2,9 масс.% соответственно.*

*$ZrO_2@SBA-15$  catalysts were synthesized by the methods of co-condensation and impregnation by moisture capacity. Hemicellulose was isolated by boiling aspen wood. The catalysts were tested during the hydrolysis-oxidation of hemicelluloses at temperatures of 120,150,180°C in order to obtain formic acid. The optimal temperature is 150°C, at which the maximum yield of formic acid and the minimum yield of carbon dioxide is observed. The catalysts obtained by the methods of co-condensation and impregnation make it possible to achieve the yield of formic acid in 28.4 and 2.9 wt.% respectively.*

Древесная биомасса состоит из ряда веществ, представляющих ценность в производстве важных продуктов человечества. Наиболее ценным компонентом является гемицеллюлоза, большое количество которой содержится в лиственных растений (~30%). Переработка гемицеллюлоз древесной биомассы позволит не только сократить выброс  $CO_2$  в атмосферу, но и позволит получать муравьиную кислоту, которая находит применение в медицине, сельском хозяйстве, производстве каучуков и является источником экологического топлива.

Для улучшения процесса превращения гемицеллюлоз в муравьиную кислоту необходимо создание твердого гетерогенного бифункционального катализатора. Благодаря высокой удельной поверхности и возможности варьирования размера пор, популярность в науке набирает мезопористый кремнезем SBA-15. Допирование SBA-15 диоксидом циркония, который имеет большое количество кислотных

центров, позволяет применять композит в реакциях каталитического окисления.

Катализаторы на основе SBA-15 получены двумя методами. Синтез  $ZrO_2$ -SBA-15 проводили методом соконденсации (прямой синтез) по методике [1]. Раствор  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  в количестве, необходимом для получения катализаторов с содержанием  $ZrO_2$  10 масс.% по капельно вносили до введения TEOS и продолжали синтез согласно методике. Пропиткой по влагоемкости солью  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  получен катализатор  $ZrO_2$ /SBA-15. Носитель и катализаторы изучены порошковой рентгеновской дифракцией, адсорбцией-десорбцией азота, ЭРС, ИК-спектроскопией, СЭМ, ПЭМ.

Исследования показали, что введение  $ZrO_2$  не разрушает структуру SBA-15, но происходит незначительное снижение удельной поверхности и уменьшение размера пор. Также доказали, что Zr равномерно распределен во всех образцах, полученных прямым синтезом и пропиткой.

Выделение гемицеллюлоз проводили в автоклавном реакторе путём гидролиза измельчённой древесины осины при  $180^\circ C$  в течение 5 мин.

Полученный гидролизат ( $V=50$  мл) исследовали в процессе каталитического гидролиза-окисления кислородом воздуха в автоклавном реакторе объемом 100 мл со скоростью перемешивания 1200 об/мин при температурах 120, 150,  $180^\circ C$  в течение 3,5 ч. Масса катализатора составляла 0,180 г. Кислород воздуха подавали с давлением 3,0 КПа.

Анализ продуктов реакции проводили методами ГХ и ВЭЖХ. Содержание олигосахаридов определяли согласно методике [2]. На рисунках 1 и 2 представлены кривые накопления углекислого газа и муравьиной кислоты, полученные на катализаторе  $ZrO_2$ -SBA-15. В таблице 1 представлены продукты, обнаруженные при  $150^\circ C$  в течение 3,5ч на двух катализаторах.

**Таблица 1 - Выход продуктов (масс.%)**

Катализатор	Муравьиная кислота	Левулиновая кислота	Уксусная кислота	Олигосахариды	Нерастворимые вещества <sup>(1)</sup>	CO <sub>2</sub>
ZrO <sub>2</sub> -SBA-15	28,4	5,8	9,2	24,7	5,5	26,4
ZrO <sub>2</sub> /SBA-15	2,9	-	0,9	88,4	-	7,8

$$m_{\text{нераств.вещ-ва}} = m_{\text{тв.остатка}} - m_{\text{катализатора}} \quad (1)$$

Анализируя кривые накопления, видно, что температура  $120^\circ C$  недостаточна для активации катализатора, т.к. выход целевого продукта совпадает с выходом без использования катализатора и составляет 5,9 масс. %. При  $180^\circ C$  катализатор  $ZrO_2$ -SBA-15 проявляет высокую

активность и приводит к полному окислению полученной муравьиной кислоты, о чем свидетельствует кривая накопления углекислого газа. Максимальный выход муравьиной кислоты при 150°C достигается на 180 минуте и составляет 28,4 масс.% в то время как углекислого газа выделяется 26,4 масс.%.

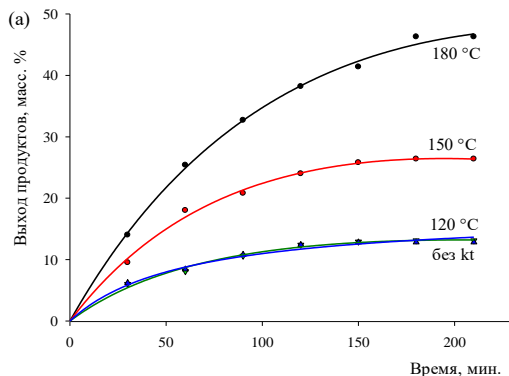


Рис. 1 – Кривая накопления углекислого газа на катализаторе ZrO<sub>2</sub>-SBA-15

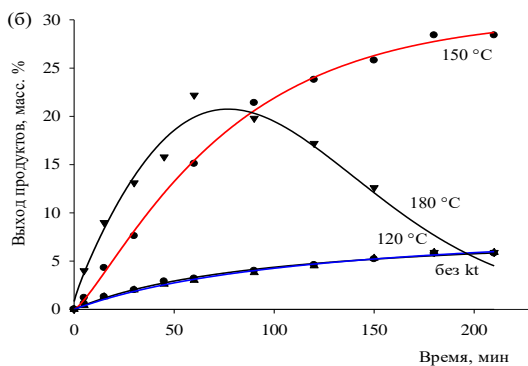


Рис. 1 – Кривая накопления муравьиной кислоты на катализаторе ZrO<sub>2</sub>-SBA-15

Таким образом, циркониевые катализаторы на основе SBA-15 синтезированы методами соконденсации и пропитки по влагоемкости. Проведя исследование физико-химическими методами, доказали, сохранность мезопористой структуры и наличие кислотности. Катализаторы испытали в процессе гидролиза-окисления гемицеллюлозы древесины осины. Катализатор ZrO<sub>2</sub>-SBA-15 показал

высокую активность при температуре 150°C, при которой наблюдался выход муравьиной кислоты 28,4 масс.%. ZrO<sub>2</sub>/SBA-15 не проявил, ожидаемую активность при той же температуре и выход целевого продукта составил 2,9 масс.%.

Благодарности:

Авторы выражают благодарность Ереминой А.О. за помощь в синтезе катализаторов, Барышникову С.В. за помощь в проведении каталитических испытаний, Сычеву В.В. за анализ методом ВЭЖХ.

Работа выполнена с привлечением оборудования ЦКП “Национальный центр исследования катализаторов” и Красноярского регионального центра коллективного пользования КНЦ СО РАН.

Литература:

1. Thunyaratchatanon, C., Luengnaruemitchai A., Chaisuwan T. [et al.], Synthesis and characterization of Zr incorporation into highly ordered mesostructured SBA-15 material and its performance for CO<sub>2</sub> adsorption // Microporous and Mesoporous Materials. – 2017. – Vol. 253. – P. 18-28.

2. Оболенская, А. В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: Учеб. пособие для вузов по спец. "Хим.-мех. технология древесины и древес. материалов" / А. В. Оболенская, З. П. Ельницкая, А. А. – Москва: Экология, 1991. – 319 с.

## **ЭКСТРАКЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ НА ЦЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ**

**А.П. Юдина, А.М. Скрипников, Б.Н. Кузнецов**  
**Институт химии и химической технологии СО РАН,**  
**г. Красноярск, and-skripnikov@yandex.ru**

*Предложено осуществлять фракционирование древесины березы путем интеграции экстракционных и каталитических процессов на ксилан, ксилозу, целлюлозу и энтеросорбент. Проведена экспериментальная и численная оптимизация указанных процессов обеспечивающих высокий выход целевых продуктов. Полученные из древесины березы продукты охарактеризованы методами ИК-спектроскопии, ЯМР-спектроскопии, СЭМ, газовой хроматографией.*

*The fractionation of birch wood by integrating extraction and catalytic processes into xylan, xylose, cellulose and enterosorbent is proposed. Experimental and numerical optimization of these processes was carried out to ensure a high yield of*

*target products. Products from birch wood were characterized by methods of IR-spectroscopy, NMR- spectroscopy, SEM, gas chromatography.*

Древесная биомасса является возобновляемым растительным сырьем с огромным ресурсным потенциалом [1]. Древесина состоит из трех основных компонентов: целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина. Наиболее востребованным является целлюлозный компонент древесины, используемый для производства целлюлозы, эфиров целлюлозы, химических волокон, глюкозы, биоэтанола и многих других ценных продуктов [2].

Среди лиственных пород деревьев в России первое место по площади произрастания занимает береза. Особенностью химического состава древесины березы является высокое содержание гемицеллюлоз (до 30%), преимущественно состоящих из ксилана. Гидролизом ксилана можно получить ксилозу, а на ее основе - фурфурол, ксилит и другие востребованные продукты [3].

Актуальные направления современных исследований в области химических превращений древесины ориентированы на разработку новых эффективных и экологически безопасных процессов переработки основных компонентов (гемицеллюлозы, целлюлоза, лигнин) на востребованные химические продукты.

Целью данной работы являлась разработка экстракционно-каталитического метода фракционирования древесины березы в востребованные химические продукты – ксилан, ксилозу, целлюлозу и энтеросорбент, а также изучение состава и строения полученных продуктов.

В качестве исходного сырья использовали древесные опилки (фракция 1,0 – 2,0 мм) березы повислой (*Betula pendula*).

Содержание основных компонентов древесины березы (мас.%): целлюлоза – 47,3; гемицеллюлозы – 28,5; лигнин – 19,0; экстрактивные вещества – 4,9; зола – 0,3.

Изучена возможность фракционирования биомассы древесины березы на ксилан, ксилозу, целлюлозу и энтеросорбент из этанолигнина путем интеграции экстракционных и каталитических процессов. Предложенная схема фракционирования включает следующие стадии (рисунок 1): экстракционное извлечение ксилана 4 % NaOH при 25°C, гидролиз ксилана в ксилозу при 130°C в присутствии твердого кислотного катализатора Amberlyst-15, фракционирование лигноцеллюлозы березы на целлюлозу и этанолигнин при 190°C в водно-этанольной среде и получение энтеросорбента обработкой водным раствором 0,4 % NaHCO<sub>3</sub> этанолигнина.



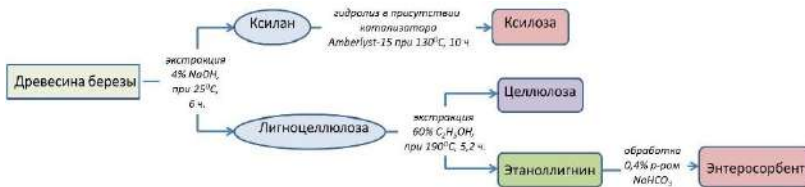


Рис. 1 – Схема фракционирования биомассы древесины березы с использованием экстракционных и каталитических процессов

### Выделение ксилана из древесины березы

Щелочной экстракцией древесины березы получен ксилан с выходом 23 % от массы абсолютно сухой древесины березы (82% от массы гемицеллюлоз в древесине березы).

ИК-спектр ксилана аналогичен спектру коммерческого ксилана древесины березы (рисунок 2 А) [4]. 2D ЯМР спектр ксилана древесины березы (рисунок 2 Б) содержит характерные для (1→4)-β-D-ксилопиранозы кросс-пики и аналогичен спектру коммерческого ксилана [4]. На присутствие метильной группы 4-О-метил-D-глюкуроновой кислоты указывают сигналы при 58,6 / 3,35 м.д.

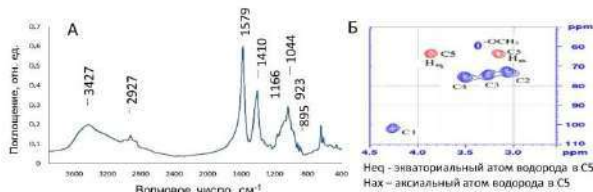


Рис. 2 - А - ИК- и Б – 2D ЯМР спектры ксилана выделенного из древесины березы

### Гидролиз ксилана

Гидролиз выделенного ксилана проводили в автоклаве с катализатором Amberlyst-15. В результате установили, что максимальный выход востребованного моносахарида достигается при температуре 130°C и продолжительности 10 ч. Выход ксилозы составил 62% мас. в пересчете на ксилан (14 % мас.- на абсолютно сухую древесину березы) (рисунок 3).

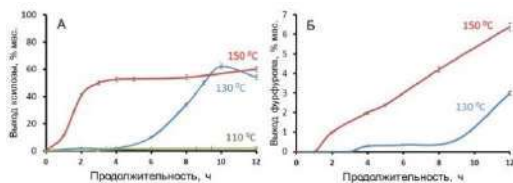


Рис. 3 - Влияние температуры и продолжительности гидролиза ксилана на выход ксилозы (А) и фурфурола (Б) в присутствии катализатора Amberlyst-15

### Экстракционное фракционирование лигноцеллюлозы березы на целлюлозу и этаноллигнин

Проведена численная оптимизация процесса фракционирования в среде этанола древесины березы, из которой предварительно удалены гемицеллюлозы, на целлюлозу и этаноллигнин.

Рассчитанные оптимальные условия процесса экстракционного фракционирования древесины березы на этаноллигнин и целлюлозу хорошо согласуются с экспериментальными данными и составляют: температура процесса 190°C, продолжительность 5,2 ч. В этих условиях получен с выходом 52,3 % мас. качественный целлюлозный продукт, содержащий 93,3 % мас. целлюлозы и 3,4 % мас. лигнина, а также этаноллигнин с выходом 15,6 % мас. Полученные образцы целлюлозы и этаноллигнина были охарактеризованы с помощью ИК-спектроскопии, СЭМ, <sup>31</sup>P-ЯМР спектроскопии.

В ИК-спектре целлюлозы выделенной из древесины березы отсутствуют полосы поглощения в области 1700 - 1740 см<sup>-1</sup>, соответствующие ацетил или уроновым эфирным группам гемицеллюлоз и полосы поглощения, характерные для фенолпропановых структурных единиц лигнина (1605 – 1593, 1515 – 1495 и 1470 – 1460 см<sup>-1</sup>), что свидетельствует о незначительном содержании лигнина и гемицеллюлоз в целлюлозном продукте.

Методом СЭМ установлено, что целлюлоза состоит из коротких и дефектных волокон со множеством изломов и надрывов, что осложняет ее использование в традиционных процессах получения волокнистых целлюлозных материалов. Однако, полученная целлюлоза может применяться для химической переработки в ценные мономерные соединения: глюкозу, леулиновую кислоту, 5-гидроксиметилфурфурол, этанол и другие востребованные соединения.

ИК-спектр этаноллигнина березы содержит полосы поглощения, характерные для лигнина гваяцил-сирингильного типа, в котором отсутствуют полисахариды.

Гидроксильные функциональные группы в этанолигнине были идентифицированы методом  $^{31}\text{P}$ -ЯМР спектроскопии. Содержание различных типов гидроксильных групп в этанолигнине возрастает в следующей последовательности: карбоксильные (0,6 ммоль/г < алифатические (1,9 ммоль/г) < фенольные (3,6 ммоль/г).

Отсутствие серы в этанолигнине древесины березы, низкая зольность и высокое содержание гидроксильных групп делают его привлекательным для получения энтеросорбентов.

Обработкой водным раствором 0,4 %  $\text{NaHCO}_3$  этанолигнина получен энтеросорбент с выходом 85,8 % мас., который превосходит коммерческий энтеросорбент «Полифепан» по сорбции метиленового синего в 2,5 раза, а по сорбции желатина – в 1,5 раза.

### **Заключение**

С учетом результатов выполненного исследования предложено осуществлять фракционирование древесины березы путем интеграции процессов экстракционного извлечения ксилана (выход 23,0 % мас.), его каталитического гидролиза в ксилозу (выход 14,3 % мас.), экстракционного фракционирования не содержащей геммицеллоз древесины на целлюлозу (выход 35,3 % мас.) и этанолигнин (выход 10,5 % мас.) и получение энтеросорбента из этанолигнина (выход 9,0 % мас.).

Продукты, полученные экстракционно-каталитическим фракционированием биомассы древесины березы востребованы в органическом синтезе, медицине, ветеринарии и других областях.

### **Литература:**

1. *Hamelinck C. Hooijdonk G.* Ethanol from lignocellulosic biomass: Techno-economic performance in short-, middle- and long-term // *Biomass and Bioenergy.* - 2005. - V. 28. - P. 384-410.
2. *Yabushita M., Kobayashi H. Fukuoka A.* Catalytic transformation of cellulose into platform chemicals // *Applied Catalysis B Environmental.* - 2014. - V. 145. - P. 1-9.
3. *Delgado Arcaño Y., Valmaña García O. D., Mandelli D., Carvalho W. A. Magalhães Pontes L. A.* Xylitol: A review on the progress and challenges of its production by chemical route // *Catalysis Today.* - 2020. - V. 344. - P. 2-14.
4. *Corradini F. A. S., Baldez T. O., Milessi T. S. S., Tardioli P. W., Ferreira A. G., de Campos Giordano R. de L. C. Giordano R.* Eucalyptus xylan: An in-house-produced substrate for xylanase evaluation to substitute birchwood xylan // *Carbohydrate Polymers.* - 2018. - V. 197. - P. 167-173.

**Секция ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ  
СРЕДУ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ  
ПРИ ДОБЫЧЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИИ  
НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**Н.В. Вшивков, В.В. Ларичкин**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск**

*В работе приведён обзор материалов по оценке ущерба, причиненного крупными техногенными авариями в РФ, и выдвигается гипотеза о том, что предотвращение подобных событий выгоднее, чем компенсация последствий. Исходя из проведенного анализа, делается вывод о том, что рациональное управление рисками и внедрение современных технологий в области предотвращения аварийных ситуаций способны существенно снизить экологический ущерб, что в свою очередь способствует устойчивому развитию регионов и страны в целом.*

*The paper provides an overview of materials on the assessment of damage caused by major man-made accidents in the Russian Federation, and puts forward the hypothesis that prevention of such events is more profitable than compensation for the consequences. Based on the analysis, it is concluded that rational risk management and the introduction of modern technologies in the field of accident prevention can significantly reduce environmental damage, which in turn contributes to the sustainable development of regions and the country as a whole.*

Экологический ущерб подразумевает нанесение вреда природной среде, включая живые организмы и среду их обитания. Это может быть вызвано человеческой деятельностью, такой как промышленность, сельское хозяйство, а также стихийными бедствиями и техногенными авариями. Экологический ущерб включает в себя потерю биоразнообразия, загрязнение почвы, воды, воздуха, а также изменение климата. Оценка экологического ущерба природной среде важна для понимания масштабов проблемы и разработки мер по её восстановлению.

В работе рассматриваются нанесение вреда природной среде при крупнейших техногенных авариях, произошедших в РФ 2020-2022 годах

**1. Авария, произошедшая 29 мая 2020 года в г. Норильске Красноярского края на ТЭЦ-3, принадлежащей компании «Норникель».** Авария произошла при разгерметизации бака с дизельным топливом. Причиной стало оседание основания топливного резервуара, приведшее к разрыву корпуса.

В результате происшествия случилась утечка более 21 тонны дизельного топлива, четверть которого попало в грунт, остальная часть в реку Далдыкан, правый приток реки Амбарная. Фрагмент загрязнения реки Амбарная показан на рис. 1.



Рис. 1 – Загрязнение реки Амбарная в результате утечки дизельного топлива с ТЭЦ-3 [1]

Согласно заключению международной компании Environmental Resources Management, часть свай, на которых стоял резервуар, должны были погружены в скальную породу, но вместо неё были укорочены и опирались в вечную мерзлоту. Аномально теплая погода в сезон происшествия спровоцировала сдвиг свай, вследствие чего произошёл разрыв корпуса резервуара.

По данным следственного комитета РФ топливный резервуар не соответствовал требованиям промышленной безопасности и ему с 2018 года требовался капитальный ремонт, однако не был сделан и резервуар ввели в эксплуатацию [2].

Специалисты Росприроднадзора провели расчёт экологического ущерба водным объектам и почве от разлива дизельного топлива на ТЭЦ-3. Экологический ущерб водным объектам составил 145,492 млрд. рублей, почве в размере 684,904 млн. рублей [3].

2. Авария, произошедшая 11 мая 2021 года на Ошском месторождении Республiки Коми. В результате аварии произошёл разлив нефтепродуктов, объект которого принадлежит компании «Лукойл-Коми». По данным Росприроднадзора в результате утечки в почву попало 44 тонны нефти, в том числе 13,6 тонн в реку Колва. Фрагмент нефтеразлива в Республике Коми в октябре 2022 года показан на рис. 2.



Рис.2 – Нефтеразлив в Республике Коми, октябрь 2022 [4]

Причиной аварии стала разгерметизация нефтесборного коллектора Ошского месторождения. По итогам осмотра места происшествия был выявлен ряд нарушений требований промышленной безопасности:

- 1) нефтесборный коллектор не удовлетворяет требованиям безопасности, прочности, коррозионной стойкости и надежности с учетом условий эксплуатации;
- 2) не обеспечена закрытая система сбора на нефтесборном коллекторе;
- 3) не обеспечена полная герметичность и сохранность продукции на нефтесборном коллекторе.

В качестве компенсации ущерба нанесенного природным ресурсам Ненецкого автономного округа компания «Лукойл-Коми» выплатила 374,19 млн. рублей [5].

**3.** Авария произошедшая 7 августа 2021 года на Морском терминале Каспийского трубопроводного консорциума (КТК) в Южной Озереевке (г. Новороссийск). В результате аварии произошел выход нефти при ее погрузке на танкер «Minerva Symphony». По подсчетам специалистов Росприроднадзора произошла утечка 384 тонн нефти. Фрагмент нефтеразлива в акваторию Черного моря показан на рис. 3.

Причиной аварии, по данным КТК, послужил заводской брак - разрушение внутренней полости гидрокомпенсатора, являющийся составной частью водоподготовительной установки. В свою очередь Заместитель Председателя Правительства РФ заявил, что к разливу нефти привело многолетнее использование сооружения без капитального ремонта [7].

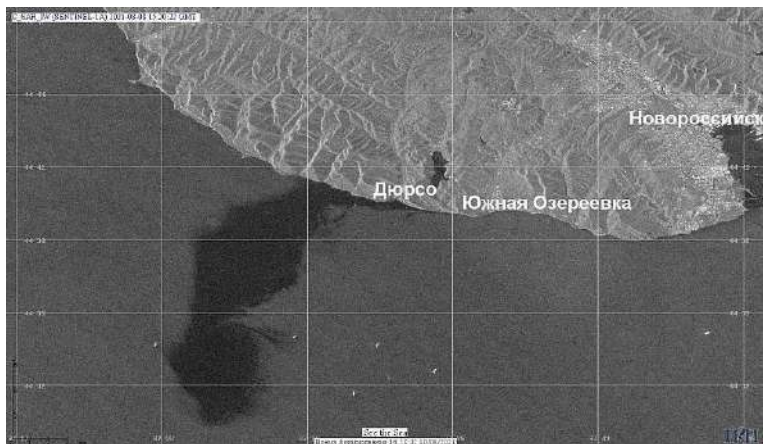


Рис.3 – Нефтяной разлив в акваторию Черного моря. Радиолокационное изображение получено 8 августа 2021 в 18:20 часов местного времени с помощью спутника Sentinel-1 [6]

Росприроднадзор оценил экологический ущерб от залпового выброса нефти в акваторию Черного моря в 5,285 млрд. рублей [8].

В сводной таблице 1 приведен экологический ущерб по вышеприведенным аварийным разливам нефтепродуктов.

**Таблица 1 – Экологический ущерб по аварийным разливам нефтепродуктов**

Место аварии	Утечка, тонн	Экологический ущерб, руб.
Норильск	21	146,176 млрд.
Республика Коми	57,6	0,374 млрд.
Новороссийск	384	8,285 млрд.
Всего:	462,6	154,835 млрд.

Разница компенсации экологического ущерба между приведенными авариями определяется с помощью следующих факторов:

- количество вылившихся нефтепродуктов и их распределения по компонентам окружающей среды;
- площадь и степень загрязнения земель;
- площадь и степень загрязнения водных объектов;

- количество углеводородов, выделившихся в атмосферу;
- коэффициент длительности негативного воздействия.

Максимальный коэффициент будет получен, если не ликвидировать негативное воздействие в течение 500 часов.

### **Стратегия обеспечения безопасности промышленного производства.**

Эффективное проведение своевременных капитальных ремонтов оборудования и соблюдение высоких стандартов промышленной безопасности представляют собой ключевые элементы устойчивой и ответственной промышленной деятельности. Ниже приведены несколько основных аргументов, почему предупреждение техногенных экологических аварий является более выгодным подходом, чем их последующее устранение.

#### *1) Экономическая выгода.*

Проведение регулярных капитальных ремонтов оборудования может значительно снизить вероятность возникновения аварий и сбоев, что в конечном итоге минимизирует экологический ущерб. Вложения в предупреждение аварий оказываются более экономически эффективными, чем финансовые затраты на устранение последствий.

#### *2) Сохранение репутации*

Проактивное соблюдение промышленных стандартов безопасности и предупреждение экологических аварий помогают поддерживать положительную репутацию предприятия. Экологически ответственные компании часто сталкиваются с меньшими рисками правовых преследований, обеспечивая стабильные и долгосрочные отношения с заинтересованными сторонами.

#### *3) Законодательное соблюдение*

Соблюдение промышленных стандартов и нормативов по безопасности обеспечивает соответствие законодательству, что может снизить риск штрафов и санкций со стороны регулирующих органов. Предупреждение аварий является проактивным шагом для соблюдения законов и нормативов.

#### *4) Защита окружающей среды*

Своевременные капитальные ремонты и соблюдение стандартов безопасности помогают предотвращать выбросы вредных веществ и загрязнение окружающей среды. Это важно для сохранения экосистем и поддержания экологической устойчивости региона.

#### *5) Безопасность персонала*

Соблюдение норм безопасности создает безопасное окружение рабочего места для персонала. Предотвращение аварий уменьшает риск



травм и заболеваний среди работников, что, в свою очередь, повышает производительность труда.

*б) Финансовая устойчивость*

Пристальное внимание к состоянию оборудования и безопасности способствует созданию финансовой устойчивости предприятия. Отсутствие экологических аварий позволяет сберечь ресурсы, которые в противном случае могли бы быть направлены на устранение последствий и возможные компенсации [9].

В целом, инвестирование в предупреждение техногенных экологических аварий демонстрирует комплексный и ответственный подход к ведению бизнеса, который приводит к устойчивому развитию и сохранению окружающей среды.

**Заключение**

Все рассмотренные в данной работе аспекты подтверждают гипотезу о том, что «предотвратить легче, чем исправить», что предупреждение техногенных экологических аварий — более выгодный и ответственный подход, чем их последующее устранение. Анализ экологического ущерба, причиненного авариями, говорит нам о необходимости направить внимание бизнеса на тщательный подход к управлению рисками.

Техногенные аварии, приведенные в данной работе — это серьезная и острая проблема, поэтому профилактика подобных аварий важна и необходима, так как она не только снижает риск нанесения значительного вреда окружающей среде, но и создает условия для устойчивого экономического развития региона и страны в целом.

Своевременное проведение капитальных ремонтов, соблюдение стандартов промышленной безопасности, осознание своей экологической ответственности — это то, на что в современных реалиях должны обращать внимание все предприятия. Такое инвестирование в предотвращение техногенных экологических катастроф соответствует принципам ответственного бизнеса, а также является ключом к сохранению нашей природы и обеспечению стабильного будущего для новых поколений.

Литература:

1. Как может поменяться эко-законодательство в ближайшее время? Влияние событий в Норильске и Якутии // Эко Индустрия [электронный

ресурс]. — Режим доступа: <https://ecologicalindustry.ru/005> (дата обращения: 20.11.2023).

2. Разлив дизельного топлива в Норильске // Wikipedia [электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://w.wiki/8D4w> (дата обращения: 20.11.2023).

3. Росприроднадзор оценил ущерб от аварии в Норильске в рекордные \$2 млрд // РБК [электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/06/07/2020/5ef9e42a9a7947264d24cc19?ysclid=lp6ocp0gue70946912> (дата обращения: 20.11.2023).

4. Роман Полшведкин: «Природе надо помогать» // Регион. Ежемесячный журнал о Республике Коми [электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ourreg.ru/2023/10/06/roman-polshvedkin-priode-nado-pomogat/> (дата обращения: 20.11.2023).

5. Разлив нефтепродуктов в Республике Коми // Известия [электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://iz.ru/story/razliv-nefteproduktov-v-respublike-komi> (дата обращения: 20.11.2023).

6. Нефтяной разлив в районе Новороссийска // Институт космических исследований РАН [электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://iki.cosmos.ru/news/neftyanoy-razliv-v-rayone-novorossiyska> (дата обращения: 20.11.2023).

7. Нефть черноморского разлива. Обобщение // Интерфакс [электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.interfax.ru/business/783772> (дата обращения: 20.11.2023).

8. Росприроднадзор подсчитал ущерб от последствий разлива нефти в Новороссийске // Росприроднадзор [электронный ресурс]. — Режим доступа:

[https://gov.rpn.gov.ru/news/rosprirodnadzor\\_podschital\\_ushcherb\\_ot\\_posledstviy\\_razliva\\_nefti\\_v\\_novorossiyske/](https://gov.rpn.gov.ru/news/rosprirodnadzor_podschital_ushcherb_ot_posledstviy_razliva_nefti_v_novorossiyske/) (дата обращения: 20.11.2023).

9. Хоменко, А.О. Промышленная безопасность опасных производственных объектов [Текст]: учебное пособие / А. О. Хоменко, И. Н. Фетисов; М-во образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, [Ин-т фундаментального образования]. - Екатеринбург: УрФУ, 2016. - 275 с.

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГОСЯ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИАГНОСТИКИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

**В.Ю. Маринкин, В.В. Ларичкин**

**Новосибирский государственный технический университет,**

**г. Новосибирск, [mr.marinkin03@mail.com](mailto:mr.marinkin03@mail.com)**

**Научный руководитель В.В. Ларичкин**

*В работе рассмотрены методы неразрушающего контроля при диагностике резервуаров для хранения нефтепродуктов. Проведена оценка достоинств и недостатков ультразвукового и радиографического неразрушающего контроля. Предложены рекомендации по практическому использованию этих методов.*

*The article discusses non-destructive testing methods for diagnosing petroleum product storage tanks. An assessment of the advantages and disadvantages of ultrasonic and radiographic non-destructive testing was carried out. Recommendations for the practical use of these methods are offered.*

Неразрушающий контроль (НК) используется в различных отраслях промышленности, строительства для контроля качества и состояния объектов без их разрушения. Он позволяет оценить прочность, надежность и безопасность объектов, а также обнаружить возможные дефекты и неисправности без необходимости прекращения их эксплуатации.

Резервуары вертикального стального типа широко применяются в различных промышленных секторах, включая нефтяную, газовую, химическую и пищевую промышленность. Эти резервуары используются для хранения различных жидкостей и газов. Важно отметить, что сохранность и исправность резервуаров играют ключевую роль в предотвращении аварийных ситуаций, утечек и загрязнения окружающей среды. Для обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров вертикального стального типа необходимо проводить регулярную диагностику, что соответствует приказу ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ ПРИКАЗ от 23 августа 2023 г. N 305 [1].

Целью работы являлось проведение сравнительной оценки эффективности использования ультразвукового и радиографического методов неразрушающего контроля (НК), при решении задач оценки состояния РВС для нефтепродуктов.

## **Методы неразрушающего контроля**

Неразрушающий контроль — это совокупность методов, направленных на обнаружение дефектов и повреждений в различных материалах, конструкциях и изделиях без их разрушения. Этот процесс является ключевым этапом в обеспечении безопасности и надежности объектов, а также в экономии ресурсов и времени. В данной работе рассмотрены ультразвуковой контроль (УЗК) и радиографический контроль (РК).

### **Достоинства и недостатки**

#### **а) Ультразвуковой контроль (УЗК)**

Как известно, упругие механические колебания, распространяющиеся в контролируемой среде (воздухе, воде, металле и т.д.) называются акустическими колебаниями. При дефектоскопии применяют акустические колебания ультразвукового диапазона (от 20 кГц до 100 МГц). При этом колебательное движение возбужденных частиц за счет упругих сил между ними вызывает распространение упругой ультразвуковой волны, сопровождаемое переносом энергии [2].

Плюсы данного метода:

- безвредность для здоровья оператора и других лиц;
- низкая себестоимость процесса;
- быстрое получение результатов проверки и характеристик объектов проверки;
- мобильность ультразвуковых приборов – возможность их использования в полевых условиях;
- выявление максимального количества бракованных мест, в т.ч. предельно малых размеров;
- широкий круг решаемых задач за счет использования различных датчиков, призм, сканеров и др.;
- способность обнаружения в ходе УЗК пустот, трещин, расслоения в сваренном соединении, шлаковые включения и другие бракованные места под поверхностью;
- возможность выявления мест коррозионного поражения;
- способность измерения размеров и глубины залегания бракованных мест;
- возможность оценки качества сваренных, паяных или клеевых соединений различного вида.

Минусы данного метода:

- ограничения при проверке крупнозернистых материалов – аустенитная сталь, чугуны, сплавы с высоким содержанием никеля, титана и др.;
- сложность интерпретации результатов проверки соединений разнородных материалов;

- невысокая точность определения реальных размеров выявленных бракованных мест;
- необходимость предварительной подготовки поверхности контролируемого объекта для обеспечения плотного прилегания зонда;
- ограничения геометрического характера: толщина контролируемых деталей в пределах от 8 мм до 80 см.

### **б) Радиографический контроль (РК)**

Радиографический контроль (РК) – метод радиационного НК, основанный на преобразовании изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или записи этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение [3].

В пользу использования такого метода контроля говорит сразу несколько важных достоинств технологии. К ним относятся:

- Возможность поиска дефектов, которые располагаются глубоко внутри структуры изделия, в том числе, вызванных развитием различных коррозионных процессов.
- Предоставление данных с повышенным уровнем точности для последующего анализа.
- Установление всех ключевых параметров участка с дефектом – его расположение, структура, относительные и абсолютные габариты.
- Доступность применения метода без специального контактного приспособления, которое могло бы сделать проверку сложнее и продолжительнее.
- Высокая скорость определения дефектов.
- Полное покрытие всех вариантов технологических изъянов.
- Возможность поиска дефектов, которые нельзя было бы найти с использованием других средств неразрушающего контроля.
- Получение точного представления о состоянии сварного шва – структуры, наличие дефектов, выпуклости, вогнутости, однородности.

Стоит также обратить внимание на ряд недостатков, с которыми приходится сталкиваться при проведении такого варианта неразрушающего контроля. К ним относятся такие, как:

- Использование довольно дорогого и сложного оборудования. Покупать такую технику для личного использования организацией обычно не рентабельно. Альтернативой становится обращение в профильную компанию, которая

профессионально занимается контролем и уже имеет в своем распоряжении все что нужно.

- Необходимость применения специальных расходников. Они далеко не всегда есть в наличии, что усложняет процесс контроля. Если его планируется проводить непосредственно силами заинтересованной в этом организации.
- Сложность и потенциальная опасность процесса. Причина заключается в том, что во время подобного контроля применяются рентгеновские лучи. Большая доза может потенциально представлять опасность для человека, потому важно контролировать проведение проверки с применением специальных защитных средств. Также высокие требования предъявляются и к самому персоналу, который занимается проведением подобного контроля.

### **Заключение**

При рассмотрении методов были выявлены как плюсы, так и минусы данных методов. Выбор между различными методами неразрушающегося контроля, такими как ультразвуковой контроль и радиографический контроль, зависит от конкретной задачи и требований к контролю. Если требуется поверить наличие внутренних дефектов, то УЗК является более предпочтительным методом. Однако если требуется получить детальное изображение внутренней структуры, то РК может быть более эффективным.

### **Литература:**

1. Приказ 23.08.2023 п305 об утверждении руководства по безопасности рекомендации по техническому диагностированию сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов (tk-expert.ru)
2. Алешин Н.П., Белый В.Е., Вовилкин А.Х. Методы акустического контроля металлов. М.: Машиностроение, 1989
3. В.И. Горбачёв, А.П. Семёнов. Радиографический контроль сварных соединений.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТНОГО РАЗДЕЛА ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Д.Д. Сегада, В.В. Ларичкин**

**Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, [segedadimasik@gmail.com](mailto:segedadimasik@gmail.com)**

*Рассмотрены проблемы выполнения инженерно-экологических изысканий в Российской Федерации. Предложены пути совершенствования проведения этих работ и методика по сбору исходных данных для инженерных изысканий.*

*The problems of performing engineering and environmental surveys in the Russian Federation are considered. The ways of improvement of these works and methodology for collection of initial data for engineering surveys are proposed.*

Материалы инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) используются для разработки раздела оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Качество разработки ОВОС зависит от качества результатов ИЭИ. В последнее время наблюдается тенденция проведения инженерно-экологических изысканий в целях прохождения государственной и экологической экспертиз. Инженеры-экологи работают по существующим методикам с 1980 года. Данные методы до сих пор не были обновлены. Исключением является свод правил (СП) 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» [1]. В данном СП внесена конкретика по порядку производства работ и запрашиваемых у уполномоченных органов власти писем запросов.

Рост объема строительных работ за 2023 год на 8% за первый квартал, что увеличивает количество запросов проектно-изыскательских компаний [2]. Правительство РФ направит более 163 млрд рублей на реконструкцию и строительство дорог [3]. Финансирование стратегии развития строительной отрасли и ЖКХ России до 2030 года, в том числе за счет внебюджетных источников, составит 160 трлн рублей [4].

Как видно из информации выше, наша страна активно развивает строительную отрасль. В существующих условиях работы старых методик и технологий строительные и проектные компании не смогут успевать за темпом развития. Срок получения писем запросов по регламенту составляет от 30 дней и более. Местные администрации и другие системы органов не всегда имеют достаточно информации для предоставления инженерам экологам нормативной документации.

Необходимо внедрение оптимизированных методов работы и развитие лабораторий для исследования компонентов окружающей среды – грунтовые и поверхностные воды, донные отложения, почвенный покров. На сегодняшний день существует только 1 лаборатория в стране, которая имеет аккредитацию на исследования всех показателей необходимых для результатов инженерно-экологических изысканий.

Таким образом, необходимо строительство новых лабораторий или улучшение существующих с обновлением исследовательского оборудования, которое позволит проводить работы на все необходимые показатели согласно нормативной документации для инженерно-экологических изысканий. Также необходимо обучение персонала с дальнейшим прохождением аккредитации.

Местным администрациям и другим уполномоченным органам необходимо иметь общую базу данных для выдачи всей исчерпывающей информации для проведения работ инженерно-экологических изысканий в краткие сроки, т.к. задержка одного этапа работ может привести к задержке строительства всего объекта.

Инженерам экологами необходимо автоматизировать работу для ускорения выдачи полной информации о природном состоянии территории, на котором будет строиться будущий объект строительства. Один из таких инструментов оптимизации работы предлагается методика по сбору исходных данных для инженерных изысканий разработанная автором [5]. Данная методика позволяет ускорить работы в получении исходных данных от заказчиков и получения всех необходимых писем запросов от уполномоченных органов, а также содержит анализ по каждому из необходимых сведений.

### **Заключение**

В данной работе рассмотрена проблема проведения и получения результатов по инженерно-экологическим изысканиям.

Так как в России активно развивается строительную отрасль, то необходимо провести оптимизацию существующих методик проведения работ и инструментов в процессе получения результатов по инженерно-экологическим изысканиям.

Необходимо строительство или модернизация существующих лабораторий с новым технологическим оборудованием и обучение персонала.

Уполномоченным органам в области строительства необходимо иметь единую базу для предоставления информации для инженерно-экологических изысканий. Инженерам экологами необходимо



оптимизировать и автоматизировать работы с оперативным получением результатов по инженерно-экологическим изысканиям.

Литература:

1. СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»
2. Росстат: объем строительных работ в I квартале 2023 года вырос на 8,8%. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://erzrf.ru/news/rosstat-obyem-stroitelnykh-rabot-v-i-kvartale-2023-goda-vyros-na-88-grafik>
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 марта 2022 года №471-р.
4. Интервью Марата Хуснуллина – вице-преьера РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://tass.ru/vedvizhimost/14987711>
5. Сегеда Д.Д. Разработка методики по сбору исходных данных для инженерно-экологических изысканий и их проведение на объекте капитального ремонта / Магистерская диссертация // НГТУ. -2023. – 83 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### Секция ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Болдырев Н.Р., Верниковская Н.В., Чумаченко В.А.	Новосибирск	3
Василевич Е.С., Петрова В.В.	Новосибирск	7
Голик П.А., Кутихина Е.А., Верещагина Т.А.	Красноярск	11
Голубков В.А., Зайцева Ю.Н., Сычѳв В.В., Таран О.П.	Красноярск	15
Колыбзева В.Н., Сиделева А.Р.	Красноярск	19
Сиделева А.Р., Колыбзева В.Н.	Красноярск	24
Горбунов А.Н., Осипова Н.Д.	Новосибирск	28
Гунович М.А.	Сморгонь, Республика Беларусь	33
Каштанова С.А., Даниленко К.А.	Новосибирск	37
Дерягина А.В., Гуровский В.В., Громов Н.В.	Новосибирск	41
Драгун О.Р., Родикова Ю.А.	Новосибирск	44
Дьячков А.А., Кондратьев В.В.	Иркутск	49
Зубкова Е.Ю.	Новосибирск	53
Казарезов А.А., Ларичкин В.В.	Новосибирск	56
Коваленко Е.Н.	Новосибирск	62
Корешкова Д.А.	Новосибирск	66
Косенко С.В.	Новосибирск	70
Морозова М.Е.	Новосибирск	73
Перебейнос А.А. <sup>1</sup> , Гуровский В.В., Яценко Д.А., Мищенко Т.И., Громов Н.В.	Новосибирск	75
Петренко А.К., Медведева Т.Б., Землянский П.В., Тимофеева М.Н., Громов Н.В.	Новосибирск	78

Польских Д.А., Морозова М.Е.	Новосибирск	82
Рейх А.К., Гуровский В.В., Громов Н.В.	Новосибирск	86
Романов Д.А.	Новосибирск	88
Сысоева Т.И.	Иркутск	93
Фазлиев Т.Р., Польских Д.А., Люлюкин М.Н., Першин А.А., Селищев Д.С., Козлов Д.В.	Новосибирск	94
Фазлиев Т.Р.	Новосибирск	98
Худяков Д.А., Ларичкин В.В.	Новосибирск	102
Цуцкова О.Е., Гуровский В.В., Громов Н.В.	Новосибирск	105
Черенков И.А., Медведева Т.Б., Лукоянов И.А., Панченко В.Н., Тимофеева М.Н., Громов Н.В.	Новосибирск	107
Черепанова К.С., Медведева Т.Б., Жужгов А.В., Громов Н.В.	Новосибирск	111
Шейна О.Д., Даминов А.С.	Новосибирск	113
Янус Я.Ф., Романова Т.С., Надеина К.А.	Новосибирск	117

**Секция БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

Акимов Н.С.	Новосибирск	121
Барило Н.А.	Новосибирск	125
Бирюлина А.А.	Новосибирск	129
Заздравных Я.М.	Новосибирск	131
Кузерова Ю.В.	Новосибирск	135
Макарова А.А.	Новосибирск	140
Милкина В.А.	Новосибирск	144
Никитаенко Я.А.	Новосибирск	149
Подхалюзина М.Г.	Новосибирск	152
Рыбакова А.А.	Новосибирск	156
Синицин А.В.	Новосибирск	161

Семенова Д.А.	Новосибирск	165
Егоров И.С., Серебренников М.А., Ремнев Г.Е.	Томск	170
Чумакова А.В.	Новосибирск	175
Янголь Ю.Г.	Новосибирск	178

### **Секция ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Подзорова В.П.	Новосибирск	185
Власова Д.А.	Новосибирск	188
Лапин А.В., Горбунов Ф.К., Ларичкин В.В.	Новосибирск	192

### **Секция РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Беляева А.О., Болтенков В.В., Громов Н.В., Пармон В.Н.	Новосибирск	196
Дорохина Д.О., Черепанова К.С., Громов Н.В.	Новосибирск	199
Евсина В.А., Матвеева Е.О., Милюшина А.С., Немущенко Д.А., Громов Н.В.	Новосибирск	202
Сивцова В.А., Медведева Т.Б., Громов Н.В.	Новосибирск	206
Смирнова Д.В., Болтенков В.В., Громов Н.В., Пармон В.Н.	Новосибирск	211
Школдина М.С., Медведева Т.Б., Громов Н.В.	Новосибирск	215
Быкова М.Е.	Красноярск	217
Догадаева А.А., Никишаева В.В., Болтенков В.В., Яшник С.А., Громов Н.В., Пармон В.Н.	Новосибирск	221
Истомина Л.В., Мищенко Т.И., Громов Н.В.	Новосибирск	225
Машталлер Ю.Г., Черепанова К.С., Громов Н.В.	Новосибирск	232

Мелков П.С., Мезенцев С.И., Верниковская Н.В.	Новосибирск, Санкт- Петербург	234
Монахов И.И., Аетов А.У., Мазанов С.В.	Казань	238
Мыркина Д.А., Милюшина А.С., Чесноков В.В.	Новосибирск	243
Никишаева В.В., Догадаева А.А., Болтенков В.В., Яшник С.А., Громов Н.В., Пармон В.Н.	Новосибирск	246
Самусова А.В.	Новосибирск	251
Скорикова Д.П., Банникова А.П.	Барнаул	258
Тимофеева А.В., Цыганков Д.А.	Новосибирск	260
Хайров Л.Е.	Новосибирск	264
Цыганский Г.А., Милюшина А.С.	Новосибирск	266
Шаер Я.Р., Новикова С.А.	Красноярск	275
Юдина А.П., Скрипников А.М., Кузнецов Б.Н.	Красноярск	278

**Секция ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА**

Вшивков Н.В., Ларичкин В.В.	Новосибирск	283
Маринкин В.Ю., Ларичкин В.В.	Новосибирск	290
Сегеда Д.Д., Ларичкин В.В.	Новосибирск	294

**НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ**

**XVII Всероссийская научная конференция молодых ученых  
г. Новосибирск, 04-08 декабря 2023 г.**

**Сборник научных трудов в 11 частях**

**Часть 11**

*Под редакцией Соколовой Д.О.*

Подписано в печать 29.01.2024. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 17,67. Печ. л. 19,0. Тираж 100 экз. Заказ № Р-02876

Отпечатано в типографии

Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20