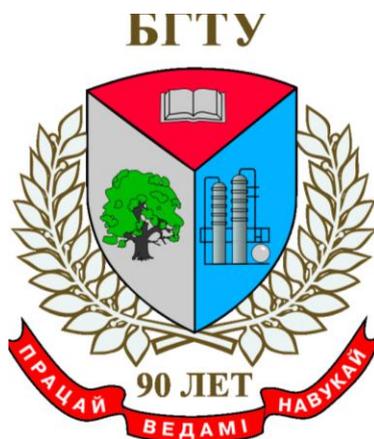


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»



# **71-я НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ УЧАЩИХСЯ, СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ**

20–25 апреля 2020 г.

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

В 4-х частях

Часть 2

Минск 2020

УДК 005.745:378.6](476)(06)

ББК 66.75

**71-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов:** тезисы докладов : в 4-х ч. – Минск, 20–25 апреля 2020 г. [Электронный ресурс] – Минск : БГТУ, 2020. – Ч. 2. – 286 с.

Сборник составлен по итогам 71-й студенческой научно-технической конференции Белорусского государственного технологического университета, проведенной с 20 по 25 апреля 2020 г. Тезисы докладов содержат результаты научных исследований студентов, посвященные актуальным вопросам лесоводства, лесоустройства, лесозащиты, технологии и техники лесной промышленности, химической технологии и техники, неорганических веществ, вяжущих материалов, технологии стекла и керамики, технологии электрохимических производств, экологии, синтеза новых органических и неорганических материалов, экономики, издательского дела и полиграфии, информационных технологий. Также представлены доклады, посвященные энергосбережению, безопасности технологических процессов и производств, контролю качества и безопасности веществ, материалов и изделий.

Сборник предназначен для использования специалистами соответствующих отраслей народного хозяйства, научными работниками и преподавателями, а также студентами и магистрантами.

Рецензенты:

декан факультета ХТиТ

Ю.А. Климош

декан факультета ТОВ

Ю.С. Радченко

Редакционная коллегия:

профессор кафедры ТНСиППМ, докт.техн.наук

Э.Т. Крутько

профессор кафедры ТСиК, докт.техн.наук

И.А. Левицкий

профессор кафедры ХПД, докт.техн.наук

Н.В. Черная

канд.физ.-мат.наук, зав.кафедрой ФХМСП

С.С. Ветохин

зав.кафедрой Х,ТЭПиМЭТ, канд.хим.наук

А.А. Черник

доцент кафедры ФХМСП, канд.техн.наук

О.В. Стасевич

доцент кафедры пром.экологии, канд.техн.наук

О.С. Залыгина

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2020

**Секция  
ТЕХНОЛОГИИ  
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

студ. В.И. Жолнеркевич, магистрант О.А. Ушева  
Науч. рук. проф. Е.И. Грушова  
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТЯНЫХ МАСЛЯНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ НА ПРОЦЕСС ИХ СЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ**

Несмотря на широкое внедрение гидрогенизационных процессов (гидроочистки, гидрокрекинга) в технологию производства минеральных масел, традиционные процессы селективной очистки масляных фракций нефти с применением полярных растворителей (фенола, фурфурола, N-метилпирролидона) не только продолжают функционировать на нефтеперерабатывающих заводах, но и совершенствуются в основном за счет применения эффективных экстрагентов.

Как известно, одним из доступных способов интенсификации селективной очистки является использование для экстракции в качестве растворителя системы базовый экстрагент + соэкстрагент.

Цель указанной работы состояла в исследовании влияния способа подготовки экстракционной системы к селективной очистке.

В качестве экстрагентов использовали N-метилпирролидон и системы на его основе содержащие в качестве соэкстрагента: метилтретбутиловый эфир (МТБЭ), изопропиловый спирт (ИПС).

Селективной очистке подвергали вакуумный дистиллят ВД-4 ( $n_D^{50}=1.5023, \rho^{50}/\rho^{70}=2.90$ ), полученный в ОАО "Нафтан". Селективную очистку проводили при 50°C и кратности, растворителя к сырью равной 3:1. Содержание соэкстрагентов в растворителе составило 3 мас. %.

Подготовка экстракционной системы осуществлялась следующими способами:

1. Раздельно перемешивали ВД-4 и растворитель при температуре экстракции в течение 15 минут, далее их сливали в экстрактор (термостатированная делительная воронка) и проводили селективную очистку путем перемешивания системы в течение 30 минут (опыт 1);

2. К разогретому ВД-4 добавляли соэкстрагент, перемешивали систему при температуре экстракции, а затем смесь сливали в экстрактор к растворителю и перемешивали ее в течение 30 минут (опыты 3,5);

3. В разогретое до 50°C сырье вводили селективный растворитель и соэкстрагент, и систему перемешивали в течении 30 минут (опыты 2,4,6).

Полученные рафинаты исследовали: определяли выход, показатель преломления  $\overline{n_D^{50}}$ , вязкостно-температурную характеристику  $\overline{\rho^{50}/\rho^{70}}$ . Результаты экстракции представлены в таблице:

**Таблица 1 – Показатели селективной очистки**

№ опыта	Наименование	Выход рафината мас. %	$\overline{n_D^{50}}$	$\overline{\rho^{50}}$	$\overline{\rho^{70}}$	$\overline{\rho^{50}/\rho^{70}}$
1	(ВД-4+ $\tau$ )+N-МП	63.34	1.4840	76.30	31.55	2.33
2	ВД-4+N-МП	52.84	1.4850	76.30	31.55	2.42
3	(ВД-4+МТБЭ+ $\tau$ )+N-МП	53.57	1.4850	86.01	32.06	2.68
4	ВД4+(МТБЭ+N-МП)	52.35	1.4845	86.03	32.21	2.67
5	(ВД-4+ИПС+ $\tau$ )+N-МП	50.35	1.4870	90.58	31.18	2.91
6	ВД4+(ИПС+N-МП)	50.31	1.4870	90.44	31.15	2.90

Согласно данным представленным в таблице способ подготовки экстракционной системы к процессу селективной очистки влияет на показатели процесса. Предварительная гомогенизация вакуумного дистиллята позволяет увеличить выход рафината почти на 10% для экстракции N-метилпирролидоном, на 1,2% для растворителя N-МП+МТБЭ и практически не влияет на процесс при использовании растворителя N-МП+ИПС. Способ подготовки не влияет существенно на вязкостно-температурную характеристику получаемых рафинатов, но при этом в опытах 1 и 2, а также 3 и 4 наблюдается различие в показателях преломления рафинатов, которое уменьшается и вообще не наблюдается при переходе к системе, где используются соэкстрагенты.

По-видимому, гомогенизация исходного сырья позволяет частично разрушить сложные структурные единицы исходной нефтяной дисперсной системы и за счет этого интенсифицировать взаимодействия растворителя с низкоиндексными компонентами.

студ. М.В. Станько, И.Н. Хатько  
Науч. рук. проф. Е.И. Грушова  
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

## РОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА ПРИ ОКИСЛЕНИИ СИСТЕМЫ ГУДРОН–ДОБАВКА ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННОГО СОЕДИНЕНИЯ

Применение в производстве асфальтобетонных смесей даже хорошего битумного вяжущего, которое полностью отвечает всем требованиям действующего стандарта, не всегда может гарантировать высокие качества дорожного покрытия, которое эксплуатируется в условиях интенсивных нагрузок.

Для повышения качества и долговечности асфальтобетонных покрытий разрабатывают различные технологические решения, ряд из которых направлены на придание специальных свойств битумным вяжущим. Например, для модификации битумного вяжущего используют полимерные материалы различных типов и классов в присутствии пластификаторов и без них. Однако такой прием в большей степени оправдывает себя при модификации неокисленных битумов.

Исследования, выполненные ранее в БГТУ на кафедре нефтегазопереработки и нефтехимии, показали, что при определенных условиях направлено регулировать свойства окисленных битумов можно если окислять гудроны с модифицирующими добавками. На данном этапе исследований ставилась задача исследовать влияние температуры на эффективность окисления гудрона в присутствии модифицирующих добавок. На рисунке представлена зависимость  $\Delta t_{разм.} = (t_{разм.}^I - t_{разм.}^0)$  от температуры окисления, где  $t_{разм.}^0$ ,  $t_{разм.}^I$  – температуры размягчения битума, полученного при окислении гудрона и системы гудрон–добавка.

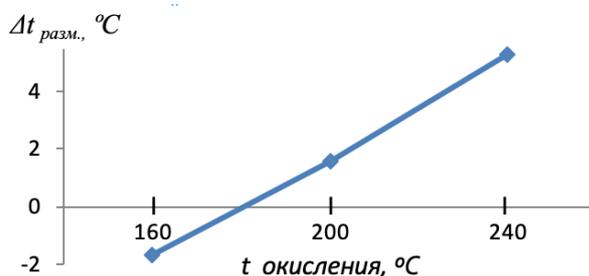


Рисунок 1 – Зависимость  $\Delta t_{разм.}$  от температуры окисления

Согласно графическим данным, чем выше температура процесса, тем интенсивнее протекает окисление гудрона в присутствии добавки.

## **SYNTHESIS AND OFFICIAL ANALYSIS OF CALCIUM LACTATE PENTAHYDRATE**

Calcium lactate is an antioxidant synergist, which has an antimicrobial effect, inhibits the growth of *Staphylococcus aureus*, *E-coli*, lactic acid bacteria, *Salmonella*, *Clostridium Botulinum*, *Listeria* pathogens. In cosmetics calcium lactate solution is used to plasticize alginate masks and for the production of gentle whitening toothpastes.

The purpose of this work is development of synthesis method and quality control of calcium lactate salt in accordance with the requirements of a private pharmacopeia article.

The preparation should consist in checking the quality of the feedstock. In particular during storage, lactic acid undergoes esterification, giving lactoylactic acid, lactides and polyactides. These compounds are impurities, to detect which acid-base titration was carried out. Otherwise, on condition using lactic acid with concomitant impurities leads to the fact that the product may not pass in terms of color.

The synthesis of calcium lactate was carried out by ion exchange between calcium carbonate and lactic acid. The isolated salt was analyzed according to quality criteria, including transparency and the degree of turbidity, solubility, and the degree of staining of the salt solution. Experiments were conducted to determine the quality and authenticity. It is recommended to conduct an experiment to determine the acidity or alkalinity of the product at the synthesis stage, which helps to withstand the subsequent tests described in the pharmacopeia article.

The scientific literature [1] describes the influence of the crystalline structure of calcium carbonate (aragonite, calcite) and the concentration of lactic acid on the synthesis of calcium lactate. For the present synthesis, reactive calcium carbonate (analytical grade) was used. The preparation of the calcium salt of lactic acid was carried out at a reaction temperature of about 60 ° C. An increase in the concentration of lactic acid (more than 2.0 mol%) leads to an increase in the viscosity of the suspension and, as a result, the yield of the reaction decreases. The yield of calcium lactate pentahydrate was 86.8% of theoretical.

### LITERATURE

1. Park, J.W. Effects of Precipitated Calcium Carbonate Morphology on the Synthesis of Calcium Lactate / J.W. Park, C. Han // Resources Processing. – 2008. – №55. – P. 12–15.

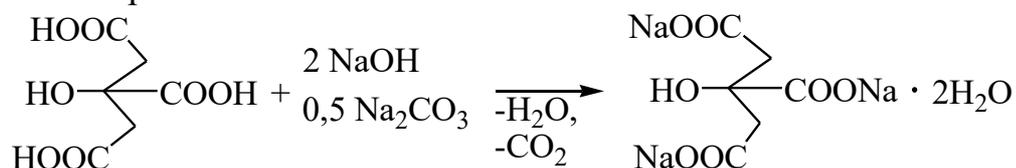
УДК 547 + 615.014

студ. И.Р. Коломийцев, Н.А. Прудников, А.А. Пацеев, А.М. Пехота  
Науч. рук. доц. Н.М. Кузьменок (кафедра органической химии, БГТУ)

## СИНТЕЗ И ПОЛНЫЙ ФАРМАКОПЕЙНЫЙ АНАЛИЗ ТРИНАТРИЙ ЦИТРАТА

В медицинской практике соли лимонной кислоты используются в виде дигидрата тринатрий цитрата для приготовления растворов для инъекций. Он применяется в основном в виде 4-5% растворов для консервации крови при больших заготовках ее для медицинских целей, поскольку эта соль лимонной кислоты предупреждает процессы свертывания крови. Цитрат натрия используется также при лечении циститов небактериальной природы. Натрий лимоннокислый разной степени замещенности применяют и в других отраслях промышленности, научных исследованиях, однако к качеству этой соли медицинского назначения предъявляются особые требования, сформулированные в частной фармакопейной статье на эту лекарственную субстанцию.

Цель настоящей работы заключалась в разработке методики синтеза тринатрийцитрата, обеспечивающей получение целевого продукта фармакопейного качества. Лимонная кислота трансформировалась в соответствующую среднюю соль с использованием реакции ионного обмена. Кислотно-основным титрованием предварительно было определено содержание лимонной кислоты в исходном сырье, после чего ее нейтрализацию осуществляли в два этапа – сначала раствором концентрированного NaOH, а затем содой. Эта методика была предложена для уменьшения объема выделяющегося углекислого газа, сокращения водопотребления и времени реакции. Целевой продукт выделяли частичным упариванием воды, высушиванием и кристаллизацией из спирта.



Важными показателями качества выделенной соли являются показатели кислотности или щелочности. Приведение в соответствие по этому параметру на стадии синтеза путем отбора проб, расчета количества корректирующего реагента и его применение позволяют выделить соль, которая по показателям описание, прозрачность, цветность также удовлетворяет необходимым требованиям.

студ. М.В. Богуславская, Н.Н. Цыркун, А.В. Тумашик  
Науч. рук. доц. С.В. Нестерова  
(кафедра органической химии, БГТУ)

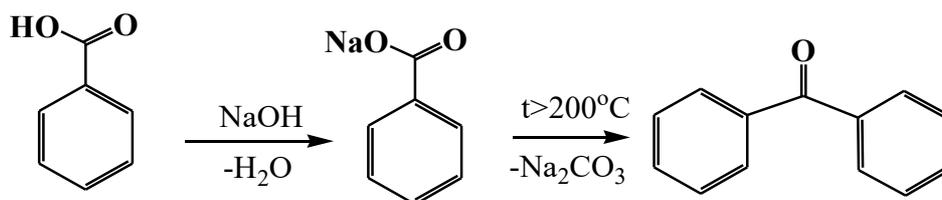
## **СИНТЕЗ БЕНЗОАТА НАТРИЯ И ЕГО ПОЛНЫЙ ФАРМАКОПЕЙНЫЙ АНАЛИЗ**

Среди солей бензойной кислоты наибольшее промышленное применение получила натриевая соль. Ее биологическая активность обусловлена сильным угнетающим действием на дрожжи и плесневые грибы [1]. Установлено, что бензоат натрия обладает способностью подавлять в клетках активность ферментов, ответственных за окислительно-восстановительные реакции и расщепляющих жиры и крахмал. Благодаря вышеперечисленным свойствам бензоат натрия может быть использован в качестве консерванта в косметике, пищевой промышленности (пищевая добавка E211), а также в технике и табачном производстве [2]. В медицине лекарственная субстанция на основе смеси бензоата натрия с кофеином используется в качестве секретомоторного и ноотропного средств. Примером является отечественный препарат «Кофеин-бензоат натрия», используемый для лечения нервной системы в виде раствора для инъекций. Единственным отечественным производителем является ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов».

Целью настоящей работы является разработка лабораторной методики синтеза бензоата натрия на основе доступного сырья, качество которого удовлетворяет соответствующим требованиям частной фармакопейной статьи Государственной фармакопеи РБ. Синтезированный продукт должен выдерживать полный фармакопейный анализ [3].

Для расчета мольного соотношения реагентов, вводимых в реакцию ионного обмена между бензойной кислотой и гидроксидом натрия, была проведена оценка качества вводимой в реакцию кислоты путем кислотно-основного титрования исходного субстрата 0,1 М раствором щелочи в присутствии индикатора фенолового красного. Содержание бензойной кислоты в промышленном сырье составляло 98,7%. Реакцию осуществляли в конической колбе добавлением к 10% водному раствору NaOH эквимольного количества бензойной кислоты при постоянном перемешивании магнитной мешалкой. Окончание реакции фиксировали, определяя pH раствора колориметрически в соответствии с требованиями фармакопейной статьи. Эту операцию в промышленных масштабах целесообразно осуществлять потенциометрически. Выделение сухой соли проводили кристаллиза-

цией из водного раствора после упаривания 80% растворителя. Следует отметить, что упаривание растворителя необходимо осуществлять, обеспечивая равномерный нагрев всего реакционного объема, особенно на стадии образования гетерогенной фазы, поскольку высокотемпературное нагревание бензоата натрия может сопровождаться его декарбоксилированием с выделением токсичного дефинилкетона. Присутствие последнего в целевом продукте является недопустимой примесью и приводит к тому, что бензоат натрия может не пройти фармакопейный анализ по показателям мутности и цветности.



Кристаллизованную из воды влажную соль высушили в сушильном шкафу при 100–105°C в течение часа, выход целевого продукта – количественный. Полученный бензоат натрия выдержал все испытания: растворимость, цветность, мутность, pH раствора, реакции подлинности и доброкачественности, описанные в соответствующей частной фармакопейной статье.

Таким образом, в результате выполненной работы разработана методика синтеза бензоата натрия фармакопейного качества, оптимизированы этапы контроля исходного сырья, времени реакции, аппаратного ее оформления, стадии выделения целевого продукта требуемого качества.

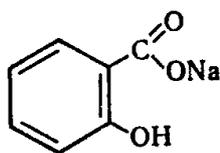
## ЛИТЕРАТУРА

1. Mihyar G.F. Resistance of yeast flora of labaneh to potassium sorbate and sodium benzoate / G.F. Mihyar, M.I. Yamani, A.K. al-Sa'ed // J. Dairy Sci. – 1997. – Vol. 80, № 10. – P. 2304–2309.
2. Ikarashi Y. Analysis of preservatives used in cosmetic products: salicylic acid, sodium benzoate, sodium dehydroacetate, potassium sorbate, phenoxyethanol, and parabens / Y. Ikarashi, T. Uchino, T. Nishimura // Kokuritsu Iyakuhin Shokuhin Eisei Kenkyusho Hokoku. –2010. –No. 128. – P. 85–90.
3. Государственная фармакопея РБ II. Общие и частные фармакопейные статьи. Т. 2. – Минск: МЗРБ. 2007. – 471 с.

студ. Т.С. Жебит, М.А. Елисеева,  
А.В. Новоковский, Д.А. Саган  
Науч. рук. доц. С.В. Нестерова  
(кафедра органической химии, БГТУ)

## СИНТЕЗ САЛИЦИЛАТА НАТРИЯ И ЕГО ПОЛНЫЙ ФАРМАКОПЕЙНЫЙ АНАЛИЗ

Салицилат натрия (натриевая соль салициловой кислоты) – белый кристаллический порошок или мелкие чешуйки без запаха, сладковато-солёного вкуса.



Natrium salicylicum

Натрия салицилат широко применяется:

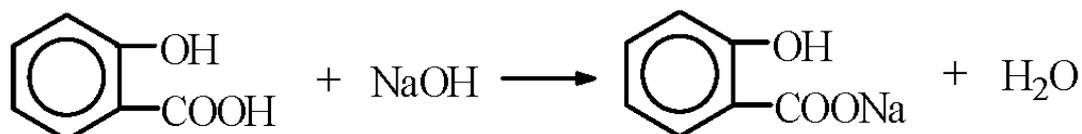
- в медицине и фармацевтике как анальгезирующее, жаропонижающее и противовоспалительное средство;
- в производстве салициловой кислоты;
- в пищевой промышленности как консервирующее средство и др.

Натрия салицилат может использоваться как нестероидный противовоспалительный препарат и относится к возможным заменителям ацетилсалициловой кислоты для чувствительных к ней людей. Кроме этого, имеются данные, что натрия салицилат индуцирует апоптоз в раковых клетках [1]. Его применяют при остром ревматизме, ревматическом эндокардите и миокардите [2]. Натрия салицилат проявляет антисептические, кератолитические, кератопластические свойства, но в меньшей степени, чем кислота, однако, является более технологичным ввиду высокой растворимости в воде [3].

Следует отметить возможные побочные действия при приёме натрия салицилата. Так со стороны нервной системы и органов чувств могут появляться: шум в ушах, ослабление слуха и зрения, диплопия, слабость, беспокойство, бессвязная речь, галлюцинации, судороги; со стороны органов ЖКТ: тошнота, рвота, диарея, боль в животе, анорексия. Возможны также повышенная потливость, анафилактические реакции (отек век, губ, языка, гортани, лица), кожные аллергические реакции.

Целью настоящей работы является разработка лабораторной методики синтеза салицилата натрия и проверка его соответствия стандартам ГФ РБ.

Синтез проводили следующим образом: к раствору 2,67 г NaOH в 20 мл воды в круглодонной колбе на 100 мл при перемешивании небольшими порциями прибавили 11,58 г салициловой кислоты. В полученную смесь добавили 1,40 г NaHCO<sub>3</sub>. Весь процесс проводили при перемешивании на магнитной мешалке до полного растворения. Выпарили воду на роторном испарителе, после чего осадок отфильтровали и оставили в сушильном шкафу в чашке Петри при 100–105°C на 90 мин. Масса получившегося салицилата натрия составила 10,00 г.



Опыты на подлинность [4]:

1. Потеря массы при высушивании: салицилат натрия сушили при 110°C, потеря массы составила 1,4%, что немного не соответствует ГФ РБ. Допустимое значение по ГФ РБ составляет < 1%.

2. Подлинность на Na<sup>+</sup>: Полученную соль смочили HCl и вносили в пламя горелки, получили желтое пламя, что соответствует ГФ РБ.

3. Подлинность на салицилаты:

А) К 1 мл раствора прибавили 0,5 мл FeCl<sub>3</sub> и получили фиолетовое окрашивание, которое не исчезало при добавлении 0,1 мл CH<sub>3</sub>COOH р-ра Р. После добавления HCl разведенного Р получили белый осадок.

Б) 0,5 г синтезированной соли растворили в воде, к раствору добавили 0,5 мл HCl Р. Отделили осадок и высушили в сушильном шкафу при температуре 110°C. Проверили температуру плавления (161°C), что соответствует частной фармакопейной статье.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lee E.J. Sodium salicylate induces apoptosis in HCT116 colorectal cancer cells through activation of p38MAPK / E.J. Lee, H.G. Park, H.S. Kang // International J. Oncology. –2003. – Vol. 23, issue 2. – P. 503–508.

2. Регистр лекарственных средств России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rlsnet.ru/mnn\\_index\\_id\\_2803.htm](https://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_2803.htm). – Дата доступа: 17.04.2020.

3. Энциклопедия косметики PREMIUM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cosmetika.ru/encyclopedia/terms/salitsilat\\_natriya/](https://cosmetika.ru/encyclopedia/terms/salitsilat_natriya/). – Дата доступа: 18.04.2020.

4. Государственная фармакопея РБ II. Общие и частные фармакопейные статьи. Т. 2. – Минск: МЗРБ. 2007. – 471 с.

## ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

Древесина – природный, экологически чистый материал, но для придания изделиям из неё большей долговечности и улучшения эксплуатационных характеристик в настоящее время применяют широкий спектр химических продуктов – пропиток, покрытий и др.

Общее свойство всех лакокрасочных покрытий – изоляция поверхности от внешних воздействий за счет получения твердой пленки. Главным компонентом лакокрасочного материала (ЛКМ) является пленкообразующее вещество: природное (растительные масла, подвергнутые специальной обработке; смолы естественного происхождения, например, янтарь, канифоль, копалы и др.; битумы и асфальты; белковые вещества (казеин, костный клей); специально обработанная целлюлоза) или синтетическое (эпоксидные, алкидные смолы). Наиболее распространенные алкидные смолы получают из фталевого ангидрида и глицерина (глифталевые смолы), пентаэритрита (пентафталевые смолы) или триметилпропана (этрифталевые смолы).

Цветные покрытия образуются при введении в пленкообразующие вещества в тонкодисперсном виде природных или синтетических пигментов. Выделяют три группы пигментов: те, которые добывают из руд и глин; минеральные пигменты, получаемые на основе минералов; синтетические пигменты, являющиеся результатом химической обработки различных металлов. Органические пигменты – синтетические красящие вещества, при введении которых в пленкообразующие получают ЛКМ ярких оттенков.

Наполнители используются для придания покрытию требуемого комплекса свойств и представляют собой твердые дисперсные неорганические вещества, не растворимые в растворителях и пленкообразователях и не обладающие красящей способностью.

Растворители – органические летучие жидкости, применяемые для перевода пленкообразователей в пригодное к нанесению на окрашиваемую поверхность состояние, и для регулирования вязкости ЛКМ. Разбавители растворяющей способностью не обладают, но способны регулировать вязкостные свойства.

В ЛКМ часто применяются различные химические целевые добавки. Так, сиккативы – вещества, инициирующие реакции полимеризации ненасыщенных пленкообразователей в процессе формирования из них покрытий на воздухе. Это могут быть растворимые в органиче-

ских растворителях соли металлов (чаще свинца, кобальта, железа, марганца, кальция) органических кислот (смоляных кислот канифоли, нафтеновых, кислот льняного масла и т.д.). В зависимости от типа сиккатива процесс пленкообразования начинается либо с формирования поверхностной пленки (кобальтовые сиккативы), либо у подложки, а затем распространяется по всей толщине пленки (марганцевые и свинцовые сиккативы). Отвердители – вещества, добавляемые к полимерным материалам для получения неплавкого нерастворимого продукта. Ускорители – химические соединения, вводимые для повышения скорости отверждения некоторых материалов. Для ускорения отверждения при комнатной и умеренно повышенной температуре (до 60–80°C) применяют, например, иницирующую систему, состоящую из гипериза и ускорителя нафтената кобальта (НК). При холодном отверждении распространён ряд иницирующих систем: пероксид метилэтилкетона с НК; пероксид циклогексанона с НК.

Следует заметить, что ЛКМ, как и другие строительные материалы, имеют свои обозначения для того, чтобы лучше ориентироваться при выборе. Обозначение лаков состоит из четырех, а пигментированных материалов из пяти групп знаков. В частности, первая – наименование покрытия: краска, грунтовка, эмаль и т.д. Вторая включает в себя две или три буквы, которыми характеризуется тип плёнкообразующего вещества. Водная краска не имеет запаха, не токсична и достаточно быстро сохнет, её идеально использовать в закрытых помещениях. Неводная краска – покрытие, применяемое для защиты и декорирования. Такой материал имеет резкий и специфичный запах. Наносится в несколько слоев, которые должны полностью просохнуть перед нанесением следующего. Но, несмотря на минусы, у этого покрытия довольно малый расход и высокая эффективность. Эмаль – быстросохнущее вещество на основе полимера (смолы), которое используется для покраски совершенно любого материала, в том числе металла, древесины, бетонных поверхностей. Лак – покрытие в виде раствора, образующее полимерную герметизирующую поверхность материала пленку, которым покрывают дерево для придания ему декоративного вида и обеспечения качественной защиты от внешнего воздействия. В специальную группу ЛКМ входят нитрокраски, не смешивающиеся с масляными по причине их растворения. Как правило, они очень токсичны и пожароопасны. Однако, после высыхания они позволяют получить особый эффект зеркальности.

Таким образом, новые тенденции в химических технологиях способствуют совершенствованию процессов деревообработки, развитию которой в настоящее время уделяется пристальное внимание в Республике Беларусь.

**СИНТЕЗ 8,9,10,11-ТЕТРАГИДРО-7Н-БЕНЗО[с]КАРБАЗОЛА**

Органические соединения, содержащие структурный фрагмент индола широко применяются в парфюмерной и фармацевтической промышленности [1]. Например, такие лекарственные препараты как индопан, индометацин, индол-форте и др.

По своему строению производные карбазола близки к индолу, однако отличаются по некоторым характерным свойствам. Соединения данного класса обладают большей устойчивостью при хранении, отсутствием резкого запаха, что важно в синтезе лекарственных препаратов.

Цель данной работы заключалась в синтезе 8,9,10,11-тетрагидро-7Н-бензо[с]карбазола, который включает дополнительный арильный фрагмент в молекуле тетрагидрокарбазола. Для получения данного соединения был использован синтез индолов по Фишеру.  $\beta$ -Нафтилгидразин (**1**) получали реакцией нуклеофильного замещения гидроксильной группы в  $\beta$ -нафтоле гидразином (реакция Бухерера). Реакционную смесь нагревали в течение 20 часов в присутствии катализатора бисульфита натрия (схема 1).  $\beta$ -Нафтилгидразин выделили с выходом 64 %.  $T_{пл}$  117–118 °С.

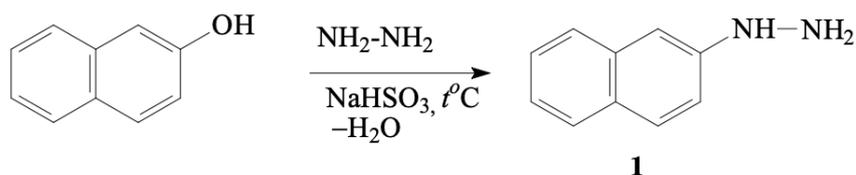
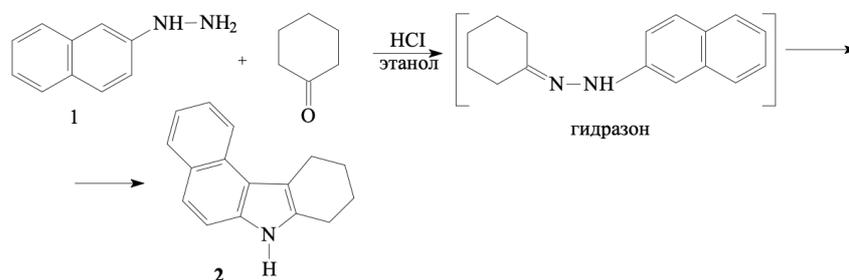


Схема 1

Синтез 8,9,10,11-тетрагидро-7Н-бензо[с]карбазола (**2**) проводили кипячением реакционной смеси, состоящей из  $\beta$ -нафтилгидразина и циклогексанона в этаноле (схема 2). Так как реакционная способность кетонов в реакциях нуклеофильного замещения не высокая, процесс катализировали добавлением 2н соляной кислоты. Продукт в ходе реакции образует осадок, который фильтровали и промывали этанолом. Соединение **2** был получен с выходом 79 %.  $T_{пл}$  135,2–136,6 °С.

Для получения целевого продукта (**2**) была изучена и традиционная методика получения тетрагидрокарбазолов кипячением реакци-

онной смеси в растворе уксусной кислоты [2,3]. Однако в ходе реакции наблюдали сильное осмоление, что не дало возможности выделить основное соединение.



**Схема 2**

Это можно объяснить с позиции электронного фактора, где дополнительный арильный фрагмент в молекуле нафтилгидразина по сравнению с фенилгидразином увеличивает электронную плотность, что способствует легкости окисления реагента в условиях реакции. Из литературных данных известно, что внутримолекулярная циклизация N,N-диарилгидразонов при образовании индольного кольца идет быстрее циклизации арилгидразонов, содержащих электронодонорные группы в *para*- или *meta*-положении [4].

Полученный 8,9,10,11-тетрагидро-7H-бензо[с]карбазол представляет интерес как потенциальное в синтетическом плане соединение, обладающее широким спектром реакционной способности по арильному, циклогексильному заместителям и по нуклеофильному атому азота.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Design and synthesis of calindol derivatives as potent and selective calcium sensing receptor agonists / L. Kiefer [et al.] // *Bioorganic and Medicinal Chemistry* – 2016 – Vol. 24, № 4. – P. 554–569.
2. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. Реакции и синтеза в практикуме органической химии и научно-исследовательской лаборатории // Мир, 1999. – 704 с.
3. Эльдерфилд Р. Гетероциклические соединения. Том 3 // Изд-во иностранной литературы. 1954. – 358 с.
4. Zagorevskii V. A., Kucherova N. F., Sharkova N. M. Investigation of the Fischer cyclization of diarylhydrazones and related secondary hydrazones. II. New examples of the effect of the structure of the aryl group on the orientation during rearrangement // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. – 1977. V. 13. P. 862–867.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ГИДРОГЕЛИ ДЛЯ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ**

Гидрогели образуются сшитыми гидрофильными полимерами, которые обратимо переходят из раствора в гель при определенном физическом или химическом воздействии и могут использоваться в различных отраслях медицины: при производстве контактных линз, для заменителей стекловидного тела роговицы, в костной и артропластике, косметологии, стоматологии и др. Значимой областью применения гидрогелей является и доставка лекарств в конкретные органы. В биологии и медицине широко используются гели на основе синтетических полимеров, являющиеся производными акриловой и метакриловой кислот, эфиров целлюлозы, полимеров этиленоксида, поливинилового спирта, силиконов. Они являются нетоксичными для целого ряда клеточных культур, но адгезия клеток на их поверхности отсутствует либо является недостаточной. Главный недостаток гидрогелей на основе синтетических полимеров – высокая вероятность отторжения тканями живого организма, а также необходимость контроля остаточных мономеров и олигомеров. Этот недостаток будет отсутствовать у гидрогелей, получаемых на основе полимеров природного происхождения – биополимеров на основе гиалуроновой кислоты, хитозана, пектинов, пептидов, желатина и иных белков [1].

Целью исследования являлся поиск и систематизация достижений современной биохимии и биотехнологии в области создания, изучения и инновационных областей применения пептидных гидрогелей, которые являются биосовместимыми и достаточно прочными для выживания в организме системами. Такие белковые образования способны имитировать физические и химические свойства межклеточного матрикса, что имеет решающее значение в процессах доставки лекарств, тканевой инженерии и регенеративной медицины.

Анализ новейших разработок в области биомолекулярной и химической инженерии показал, что на современном этапе уже созданы первые самоорганизующиеся ангиогенные пептидные гидрогели, которые проходят клинические испытания в лабораториях Нью-Йоркского и Хьюстонского университетов. Для создания гидрогеля использовался пептид последовательностью из 12-20 аминокислот, модифицированный фрагментами нейропротективного белка эпендимины, для придания свойств, близких к мозговой ткани. При инъекции в место повреждения пептиды самоорганизуются в гидрогель,

действующий как нейропротекторная ниша, к которой могут прикрепляться нейроны. Такой биогель оказался идеальной микросредой для пролиферации и дифференциации клеток, что привело к значительному увеличению отрастания кровеносных сосудов, выживанию нейронов при введении субстанции в мозг подопытных крыс с черепно-мозговыми травмами [2].

Пептидные гидрогели с фрагментами белкового фактора роста нейротрофина-3 используются для создания каркасных образований, которые вводятся в поврежденный спинной мозг. Опыты на крысах показали, что после трех месяцев происходит восстановление нервных клеток и двигательной функции животных. Использование пептидных гидрогелей с фрагментами белка, называемого сосудистым эндотелиальным фактором роста, который стимулирует рост новых кровеносных сосудов, позволило разработать материал, стимулирующий пролиферацию стволовых клеток зубной пульпы. Испытания на животных показали, что пептид заставляет размножаться клетки и активирует их для отложения кристаллов фосфата кальция, входящего в состав зубной эмали. Антимикробная часть пептида убивает инфекцию, сохраняя больше нативной зубной пульпы, помогая при этом вырастить новую ткань [3]. Инкапсуляция моделей лекарственных субстанций в гидрогеле белков показала, что связывание небольших молекул повышает механическую целостность образования и позволяет замедленно высвобождаться препарату, при этом доставка лекарств возможна локализовано в самые чувствительные участки ткани.

Таким образом, на сегодняшний день пептидные гидрогели являются наиболее универсальными и перспективными материалами для использования в ряде различных областей биотехнологии и открывают новый пласт в инновационной и фундаментальной медицине, что в недалеком будущем сделает возможным лечение пациентов, страдающих заболеваниями, с которыми современная медицина пока еще не в состоянии справиться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Интерполиэлектролитные гидрогели на основе хитозана и пектина / Р.Р. Вильданова, Н. Н. Сигаева, Е. А. Фаянова и др. // Вестник Башкирского университета. –2017. Т. 22. №1. –С. 72–75.
2. American Chemical Society. ACS News Service Weekly PressPac / Wed Jul 20. –2016.
3. Thermoresponsive Protein-Engineered Coiled-Coil Hydrogel for Sustained Small Molecule Release / L. K. Hill [et al.] // Biomacromolecules. – 2019 – Vol.20, №9. – P. 3340–3351.

студ. Я.Е. Нестерчук, Е.Н. Деркач  
Науч. рук. ст. преп. М.В. Балакир  
(кафедра безопасности жизнедеятельности, БГТУ)

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ НАГРЕВАНИИ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ СТУДЕНЧЕСКОГО ОБЩЕЖИТИЯ**

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. В то же время энергетика – один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит вследствие выбросов в атмосферу вредных веществ при работе энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, мазут, дизельное топливо, уголь). Одним из основных и самых крупномасштабных источников загрязнения атмосферы являются ТЭС: на их долю приходится около 14% общего загрязнения атмосферы техническими средствами [1].

На основе изученной информации было проведено исследование, как можно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу с помощью уменьшения потребления электроэнергии. В ходе исследования было определено потребление электроэнергии (Е) при кипячении различного объема воды (0,5 л, 1,0 л, 1,5 л) комнатной температуры (20°C) и холодной (5°C) с помощью электрического чайника (1,5 кВт), а также электрической плиты (1,5 кВт). Результаты представлены в таблице. В последнее время студенты ведут более обособленный образ жизни и как правило пьют чай в одиночку, то есть потребление кипятка не более 0,5 л. Таким образом, был определен перерасход электроэнергии ( $\Delta E$ ) при кипячении большего объема воды различной температуры. Данный показатель рассчитан для жителей общежития (960 человек) при четырехразовом чаепитии за учебный год (286 дней). Исходя из полученных данных рассчитано количество выбросов вредных веществ в атмосферу (оксиды серы, оксиды азота, летучая зола и шлак) при производстве перерасходуемой электроэнергии (таблица 1). Расчет выбросов произведен на примере Лукомльской ГРЭС, где в качестве основного топлива является топочный мазут.

Рассчитана стоимость перерасхода электроэнергии при тарифе 0,1616 рублей за 1 кВт\*ч (Таблица 1). Таким образом следует сделать вывод, что при кипячении воды наиболее эффективно использовать электрический чайник. При кипячении воды на электрической плите потребление электроэнергии увеличивается от 29,4% до 117,2% отно-

сительно электрического чайника. Также при использовании воды комнатной температуры возможно сэкономить потребление электроэнергии до 15,6%.

**Таблица 1 – Показатели перерасхода электроэнергии**

Электрический чайник						
Температура воды	20°C			5°C		
Объем воды, л	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
Потребление электроэнергии (E), кВт*ч	0,064	0,132	0,194	0,074	0,144	0,197
Перерасход электроэнергии (ΔE), кВт*ч	-	0,068	0,130	0,010	0,080	0,133
Общий перерасход электроэнергии (ΔE <sub>общ</sub> ), кВт*ч	-	74680	142771	10982	87859	146066
Выбросы:						
оксиды серы (SO <sub>x</sub> ), кг	-	363,8	695,6	53,5	428,1	711,6
оксиды азота (NO <sub>x</sub> ), кг	-	242,6	463,7	35,7	285,4	474,4
летучая зола и шлак, т	-	1,7	3,3	0,3	2,0	3,4
Перерасход электроэнергии (S), руб.	-	12068	23072	1775	14198	23604
Электрическая плита						
Температура воды	20°C			5°C		
Объем воды, л	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
Потребление электроэнергии (E), кВт*ч	0,139	0,189	0,251	0,144	0,192	0,273
Перерасход электроэнергии (ΔE), кВт*ч	0,075	0,125	0,187	0,080	0,128	0,209
Общий перерасход электроэнергии (ΔE <sub>общ</sub> ), кВт*ч	82368	137280	205371	87859	140575	229532
Выбросы:						
оксиды серы (SO <sub>x</sub> ), кг	401,3	668,8	1000,6	428,1	684,9	1118,3
оксиды азота (NO <sub>x</sub> ), кг	267,5	445,9	667,0	285,4	456,6	745,5
летучая зола и шлак, т	1,9	3,2	4,8	2,0	3,3	5,3
Перерасход электроэнергии (S), руб.	13311	22184	33188	14198	22717	37092

Необходимо отметить, что при рациональном подходе к кипячению воды за учебный год возможно снизить выбросы оксида серы до 1118 кг, оксида азота до 745 кг, летучей золы и шлака до 5,3 т. Также годовая экономия для общежития составит от 1 775 до 37 092 рублей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Защита окружающей среды при эксплуатации ТЭС / Никонова Р.А., Дрягина Д.Р. // Современные инновации. – 2018. – №3(25). – С. 12–15.

УДК 64.002.68:658.567.1(476.1)

студ. Е.А. Матвейчик, П.А. Родион  
Науч. рук. доц. В.В. Перетрухин  
(кафедра безопасности жизнедеятельности, БГТУ)

## **УТИЛИЗАЦИЯ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В г. МИНСКЕ**

Коммунальными отходами называют отходы потребления (образующиеся в процессе жизнедеятельности человека, не связанной с осуществлением экономической деятельности) и отходы производства (образующиеся в процессе осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями экономической деятельности (производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг), включенные в утверждаемый Министерством ЖКХ Республики Беларусь перечень отходов, удаление которых организуют местные исполнительные и распорядительные органы [1].

За год в Минске образуется более 650 тысяч тонн коммунальных отходов. В составе ТКО находится до 60% вторичных материальных ресурсов – это отходы бумаги и картона, стекла, пластмасс, металлов, текстиля, резины и прочих, которые являются потенциальным сырьем для использования в промышленности.

Образовавшиеся коммунальные отходы используются согласно методам, которые можно условно разделить на следующие три группы [2]: переработка (рециклинг), компостирование, сжигание.

Неиспользованные ТКО захораниваются на полигонах. Данный способ утилизации является самым дешевым способом из существующих и основным для Минска, что приводит к постоянному изъятию из оборота земельных ресурсов, увеличению степени загрязнения окружающей среды (выделяются  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , оксиды серы и азота,  $\text{HF}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , хотя часть этих отходов может быть использована в качестве вторичного сырья).

В Минске три действующих полигона – "Северный", "Прудиче" и "Тростенецкий", которые занимают площадь более 75 га. Самый новый из них – "Тростенецкий" – создан с учетом требований безопасности: его территория огорожена двухметровым бетонным забором, на дно уложен слой глины, на который настелена специальная пленка, защищающая почву от попадания ядовитых примесей.

Снизить разрушительное воздействие коммунальных отходов на экосистему поможет только их переработка. В Беларуси вопрос о переработке с внедрением современных технологий уже решается на государственном уровне. В соответствии с Национальной стратегией

по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2030 года показатели эффективности обращения с отходами представлены в таблице.

**Таблица 1 – Показатели эффективности обращения с отходами [3]**

Год	2015	2020	2025	2030
Использование ТКО, процентов от общего объема их образования	15,6	25	35	40

Переработка отходов в сырье – это самый экологичный способ обращения с мусором. Собирая отдельно содержащиеся в бытовых отходах вторичные ресурсы, сокращаются объемы мусора, поступающего на захоронение, а значит, снижается загрязнение почвы, воды, воздуха.

23 октября 2019 г. Совет Министров Республики Беларусь принял постановление № 715, которым утверждена Концепция создания объектов по сортировке и использованию твердых коммунальных отходов и полигонов для их захоронения. Ожидается, что в результате исполнения данного постановления будут обеспечены отбор вторичных материальных ресурсов из состава ТКО и недопущение их захоронения за счет сортировки, а также увеличится использование ТКО до уровня не ниже 50% объема их образования к 2035 году путем создания дополнительных производств по их переработке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экология города [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ecocity.by/likbez-po-zakonodatelstvu/item/246-poyasnenie-otdelnykh-terminov-ponyatij-primenyaemykh-v-zakonodatelstve-ob-obrashchenii-s-otkhodami>. - Дата доступа: 28.03.2020.

2. БелРецикл [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://белрецикл.бел/news/process-utilizacii-othodov>. – Дата доступа: 20.03.2020.

3. Национальной стратегией по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.government.by/upload/docs/filea1a9a20a06fc7fe5.PDF>. - Дата доступа: 23.03.2020.

студ. А.И. Стасевич, Д.А. Боровко  
Науч. рук. доц. В.В. Перетрухин  
(кафедра безопасности жизнедеятельности, БГТУ)

## РАДИОАКТИВНАЯ КЕРАМИЧЕСКАЯ ПОСУДА

Единственная причина возникновения радиационной опасности керамической посуды – это сырье, из которого она изготавливается. Глина, каолин и фаянс – материалы, получаемые из глинистых пород, содержащих природные радионуклиды калия-40, радия-226, тория-232 в виде самостоятельных минералов, аморфных примесей или рассеянных частиц. Относясь к материнскими радионуклидам, они распадаются на изотопы, дающие опасное для человека альфа- и бета-излучение. В зависимости от состава и происхождения минерального сырья, концентрация радионуклидов в используемом сырье варьирует в широких пределах.

Согласно действующим санитарным нормам, эффективная удельная активность радионуклидов калия-40, радия-226, тория-232, содержащихся в керамическом изделии, не должна превышать 370 Бк/кг. К производству допускается лишь глина из карьеров, в которых естественный ионизирующий фон находится в пределах нормы. В некоторых странах рекомендуют использовать завезенное сырье, обладающее более низким уровнем радиоактивного фона, чем материалы, добываемые на месте. Единственный нюанс – использование эмалевых покрытий с добавками оранжевых и зеленых люминофоров, как правило, содержащих повышенную концентрацию радионуклидов. Известно, что глины содержат большое количество урана, тория, калия и их радионуклидов, особенно высоко содержание калия – до 6,5%, который находится в ней как в минеральной, так в сорбированной форме. Это объясняется повышенной способностью глиняных пород поглощать катионы радиоактивных элементов, и находиться длительное время в виде коллоидных фракций, склонных аккумулировать и накапливать радионуклиды.

Для получения эмалевого покрытия, делающего особенно ценными посуду, вазы и блюда из майолики, с древних времен люди использовали жаропрочные урановые краски. Этот радиоактивный элемент с длительным периодом полураспада, постоянно образующий несколько дочерних радионуклидов:

- радий с периодом полураспада 1620 лет;
- радон – радиоактивный газ (3,82 суток), дающий жесткое альфа- и бета-излучение, способное стать источником внешнего и внутреннего облучения человека.

С расстоянием интенсивность ионизирующего излучения снижается. Если кувшины или блюда разместить на расстоянии 1-2 метров, то владелец будет получать небольшую дозу радиации, сравнимую с естественным радиоактивным фоном. Поэтому майолику, представляющую особую ценность, можно хранить дома с соблюдением мер радиоактивной безопасности.

Эффективная удельная активность ( $A_{\text{эф}}$ ) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, камень, цементное и кирпичное сырье и пр.) рассчитывается по формуле:

$$\dot{A}_{\text{эф}} = \dot{A}_{\text{Ra}} + 1,3\dot{A}_{\text{Th}} + 0,09\dot{A}_{\text{K}}$$

где  $A_{\text{Ra}}$  и  $A_{\text{Th}}$  – удельные активности Ra-226 и Th-232, Бк/кг;  $A_{\text{K}}$  – удельная активность калия-40, Бк/кг.

Для измерения активности используется гамма-радиометр РУГ-91-2 «АДАНИ» (в дальнейшем гаммарадиометр), который предназначен для измерения объемной (ОА) и удельной активности (УА) гамма-излучающих радионуклидов цезия-134 ( $^{134}\text{Cs}$ ), цезия-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), радия-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ), тория-232 ( $^{232}\text{Th}$ ) и калия-40 ( $^{40}\text{K}$ ) в продуктах питания, кормах, строительных материалах и других пробах различной консистенции (измельченных твердых, жидких, сыпучих и пастообразных) (рис.).



Рисунок 1 – Гамма-радиометр РУГ-91-2 «АДАНИ»

С помощью бытового дозиметра можно измерить мощность дозы гамма-излучения керамической, глиняной, фарфоровой и фаянсовой посуды, показатель не должен превышать 0,3 мкЗв/ч.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиационная безопасность. Лабораторный практикум / Г. А. Чернушевич, В. В. Перетрухин. – Минск: БГТУ, 2018. – 198 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topref.ru/referat/13477/3.html> – Дата доступа: 23.03.2020.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.quarta-rad.ru/useful/vse-o-radiacii/radioaktivnaya-keramiceskaya-posuda/> – Дата доступа: 23.03.2020.

студ. Х.Б. Ходжиева, А.В. Широкова  
Науч. рук. доц. В.В. Перетрухин  
(кафедра безопасности жизнедеятельности, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВО ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

В данной работе мы провели аналитический обзор по комплексным минеральным удобрениям, сопоставили их типы, провели сравнение, описали преимущества и недостатки, также выявили влияние минеральных удобрений на качество продукции и окружающую среду.

Современная направленность развития сельского хозяйства характеризуется растущей интенсификацией производства всех сельскохозяйственных культур. Важнейшим рычагом интенсификации является применение минеральных удобрений, как одного из наиболее мощных факторов резкого подъёма урожайности.

Минеральные удобрения наравне с другими факторами химизации сельского хозяйства оказывает значительное влияние на физиологию и химический состав растений. Изменения в растениях могут быть как качественные, так и количественные. Они зависят от дозировки удобрений, способов их внесения и сочетания элементов. И в следствие этого воздействия меняется привлекательность и оказывается репеллентное действие на вредителей сельскохозяйственных растений.

Существует огромное многообразие типов удобрений. Они делятся на органические, минеральные, органоминеральные, бактериальные и микроудобрения. Минеральные удобрения необходимы почве для пополнения запаса питательных веществ, таких как азот, фосфор, калий. Растения на разных этапах жизни потребляют питательные элементы в разных количествах. Азот растения больше всего поглощают в период активного роста – с момента прорастания семян до формирования первых цветов. Фосфор нужен растениям в период прорастания. В период подготовки растений к зиме — важную роль играет калий [1].

Комплексные удобрения являются самыми лучшими и наиболее распространенными, они содержат два и более элемента питания и подразделяются на сложные – получают при химическом взаимодействии исходных компонентов (аммофос, диаммофос, калийная селитра), сложно-смешанные – вырабатываемые из простых или сложных удобрений, но с добавлением в процессе изготовления фосфорной или

серной кислот с последующей нейтрализацией (нитрофоска, нитроаммофос) и смешанные или тукосмеси – продукт механического смешивания готовых простых и сложных удобрений. Они бывают азотно-фосфорные, азотно-калийные, азотно-фосфорно-калийные. Наиболее благоприятным соотношением элементов характеризуются комплексные удобрения, в которых среднее содержание питательных веществ ( $N + P_2O_5 + K_2O$ ) составляет не менее 40-50%, а содержание  $P_2O_5$  в водорастворимой форме – до 90% от его содержания в усвояемой форме.

Быстрый рост производства и применения комплексных минеральных удобрений способствует быстрому повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но наряду с этим возникает опасность ухудшения биологического качества урожая. Многочисленные исследования показали, что применение высоких норм комплексных минеральных удобрений, особенно при несбалансированном соотношении элементов питания, приводит к накоплению химических элементов в сельскохозяйственной продукции. В следствие чего, она опасна для применения в пищу [2].

Так, в производстве различных минеральных удобрений образуется значительное количество отходов. Например, при получении хлористого калия из сильвинита флотационным и галургическим методами образуются галитовые отвалы, глинисто-солевые шламы, а также пылегазовые выбросы. Отходы являются постоянным источником засоления почв и подземных вод в районах их расположения [3].

С учётом возможного негативного влияния минеральных удобрений на окружающую среду (ухудшения качества продукции, загрязнения источников водоснабжения, снижения плодородия) в условиях интенсивной химизации земледелия вопросы рационального и сбалансированного применения минеральных удобрений приобретают особую актуальность

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андрющенко В.К. Нитраты в овощах и пути их снижения – Кишинев, МолдНИИНТИ, 1982. – 48 с.
2. Барсельянц Г.Б. Минеральные удобрения и качество пищевых продуктов. Таллин, 1980. – 14 с.
3. Башкин В.Н. Применение удобрений и миграция биофильных элементов с природными водами – В кн.: Почвенно-биогеоцентрические исследования Центрально-Русской равнины. Пущено, 1981, С. 104–110.

студ. Е.С. Запольская  
науч. рук. проф. Э.Т. Крутько  
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

## **КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА 6 ДЛЯ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ**

Наибольшее применение в практическом машиностроении получили покрытия на основе алифатических полиамидов – полиамида 6 (ПА 6), полиамида 610 (ПА 610), полиамида 11 (ПА 11) .

В данной работе разработан композиционный материал для порошковых покрытий на основе полиамида 6 (ПА-6), в состав которого введено имидосоединение – N,N'-бис-имид в количестве 5-20 мас.%. Предполагалось, что синтезированный N,N'-фенилен-бис-малеимид позволит повысить прочность композиционного материала и его гидрофобность за счет образованием сшитой структуры по месту амидных и концевых аминогрупп макромолекул полиамида и бис-имида при одновременном увеличении износостойкости композитов и уменьшении их влагопоглощения.

Порошки полимеров получали криогенным измельчением при температуре жидкого азота  $T=73\text{K}$  из гранулированных полуфабрикатов с последующим фракционированием. Композиции получали смешением компонентов при комнатной температуре. Расчетные навески загружали в смеситель и вели перемешивание до получения однородной массы в течение 20 - 30 мин.

Показатели эксплуатационных свойств порошковых покрытий определяли согласно соответствующих методик испытаний, ГОСТов. Покрытия наносили на металлические (сталь 08кп., сталь 45, А00, медь М-1 и др.) и стеклянные подложки методами пневматического и электростатического распыления. Толщина покрытия, в зависимости от метода оценки эксплуатационных характеристик и способа формирования покрытий, находилась в диапазоне от 25 до 100 мкм. Сушку покрытий перед испытанием проводили на воздухе при температурах от 293К в течение 24 часов до 343 К в течении I часа.

Как показали проведенные испытания свойств сформированных порошковых покрытий, разработанные смеси реакционноспособного реагента-модификатора и ПА6 обеспечивают повышение деформационно-прочностных и триботехнических характеристик, увеличение стойкости к термоокислительному старению, повышение гидрофобности и снижение коэффициента трения по сравнению с исходным немодифицированным полимером.

## **ПОЛИСАХАРИДЫ – НЕЗАМЕНИМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ (КРАХМАЛ)**

Полисахариды – природные полимеры поликонденсационного типа, макромолекулы которых состоят из остатков моносахаридов.

Макромолекулы полисахаридов включают десятки, сотни и даже тысячи моносахаридных остатков, соединенных гликозидными связями. Большинство из них образуют линейные полимеры, формирующие определенную пространственную структуру, однако некоторые полисахариды имеют разветвленные макромолекулы. Моносахаридные остатки в составе полисахаридов находятся в циклической форме в виде  $\alpha$ - и  $\beta$ -стереоизомеров.

Основные представители – крахмал и целлюлоза – построены из остатков одного моносахарида – глюкозы. Крахмал и целлюлоза имеют одинаковую молекулярную формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , но совершенно различные свойства. Это объясняется особенностями пространственного строения их макромолекул.

Из химических свойств полисахаридов наибольшее значение имеют реакции гидролиза и образование производных за счет реакции макромолекул по их спиртовым ОН-группам. Гидролиз полисахаридов происходит в разбавленных растворах минеральных кислот или под действием ферментов. При этом в макромолекулах разрываются связи, соединяющие моносахаридные звенья – гликозидные связи. Полный гидролиз целлюлозы и крахмала приводит к образованию глюкозы, последующее брожение которой используется в производстве этанола, молочной, масляной и лимонной кислот, ацетона, бутанола.

Крахмал – основной резервный полисахарид растений. Образуется в клеточных органеллах зеленых листьев в результате процесса фотосинтеза. Конечные продукты ферментативного расщепления крахмала – глюкоза и глюкозо-один-фосфат – представляют собой важнейшие субстраты как энергетического обмена, так и синтетических процессов.

В данной работе было проведено изучение процесса деструкции крахмала под действием ферментов и влияния температуры на ферментативный гидролиз. В качестве фермента использовалась  $\beta$ -амилаза. Степень гидролиза крахмала под действием  $\beta$ -амилазы увеличивается с повышением температуры.

## **БЕЛКИ – ОСНОВА ЖИЗНИ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ**

Белки, или протеины (от греч. «протос» – «первый»), – это природные высокомолекулярные соединения, которые обеспечивают все жизненные процессы любого живого организма. В человеческом организме встречается более 5 миллионов белков. Несмотря на сложное строение и огромное многообразие, белки построены всего из 20 аминокислот. Они состоят из остатков заменимых и незаменимых аминокислот. Заменимые аминокислоты синтезируются в организме, а незаменимые (не синтезируются в организме) их получают с пищей. Белки имеют четыре структуры: первичную, вторичную, третичную и четвертичную. Первичная структура при денатурации сохраняется, она может быть, как обратимой, так и необратимой (свертывание яичного альбумина при варке яиц). Факторы, сопутствующие денатурации: температура, соли тяжелых металлов, действие спиртов, растворов щелочей, растворов кислот. Классифицируются белки по степени сложности: протеины (простые), состоят из остатков аминокислот (яичный белок, пшеница) и протеиды (сложные), состоят из белковой и небелковой частей (гемоглобин), а также по форме: глобулярные (большинство белков растений, животных, микроорганизмов) и фибриллярные – нитевидные (миозин – мускульная ткань, кератин – роговая ткань). Функции белков различные: структурная (пластическая), каталитическая (все биологические катализаторы), транспортная, механохимическая, регулярная, защитная, опорная, энергетическая и рецепторная. Продукты, содержащие животный белок: мясо, рыба, яйца, творог и т.д.; растительный белок: бобовые, орехи, пшеница, крупы и т.д.

В данной работе были проведены исследования органических составов экстрактов мясных продуктов на содержание в них белка. Было показано, что если мясные продукты опускать в холодную воду при варке, то белок переходит в бульон, а если в кипяток – то весь белок в них сохраняется. Использовались качественные реакции на белок – биуретовая реакция (фиолетовое окрашивание при действии солей меди в щелочном растворе на соединения, имеющие пептидную связь) и ксантопротеиновая реакция (появление желтого окрашивания при действии концентрированной азотной кислоты на белки, содержащие остатки ароматических аминокислот).

студ. В.В. Большакова  
Науч. рук. проф. Э.Т. Крутько  
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

## **ЦЕЛЛЮЛОЗА-КРУПНОТОННАЖНЫЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ПРИРОДНЫЙ ПОЛИМЕР**

Целлюлоза – возобновляемый природный полимер, линейные молекулы которого состоят из остатков  $\beta$ -глюкозы. Целлюлоза обладает большой механической прочностью и выполняет роль опорного материала растений, входящих в состав растительных микрофибрилл. В большом количестве целлюлоза содержится в тканях древесины (40-55%), в волокнах льна (60-85%) и хлопка (95-98%). В промышленности целлюлозу получают, щелочным (натронным и сульфатным) и сульфитным способами. Натронным способом можно получать целлюлозу из лиственных пород древесины и однолетних растений. Используя сульфатный метод, в качестве реагента применяют раствор, содержащий гидроксид и сульфид натрия, называемый белым щелоком. Метод пригоден для получения целлюлозы из любого вида растительного сырья.

Так как звено макромолекулы целлюлозы содержит три свободных гидроксила, то она может вступать в реакции, характерные для многоатомных спиртов: нитрование и взаимодействия с уксусным ангидридом. При взаимодействии целлюлозы с концентрированной азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты в качестве водоотнимающего средства, образуются сложные эфиры целлюлозы (пироксилин – для получения бездымного пороха, коллоксилин - для получения нитролаков, пироколлодий). При взаимодействии целлюлозы с уксусным ангидридом в присутствии уксусной и серной кислот образуются триацетаты и диацетаты целлюлозы. Из триацетата целлюлозы изготавливают лаки, киноленту и ацетатное волокно, а диацетат целлюлозы применяют при производстве фармацевтических препаратов и диацетатных пленок. Также целлюлоза широко используется в производстве бумаги и картона, искусственных волокон, пленок, пластмасс, твердого ракетного топлива и многого другого.

В данной работе проведено изучение поведения хлопковой ваты в концентрированном аммиачном растворе. Наблюдалось полное растворение образца в нем с образованием вязкого раствора высокомолекулярного вещества. Раствор использовали для формирования вискозных нитей, образующих тканые материалы.

студ. А.А. Гаврилова  
Науч. рук. проф. Э.Т. Крутько  
(кафедра полимерных, композиционных материалов, БГТУ)

## **С БИОРАЗЛАГАЕМЫМ ПОЛИМЕРОМ КОЛЛАГЕНОМ БУ- ДЕШЬ ВСЕГДА МОЛОД**

Коллаген – это высокомолекулярное соединение, в состав макромолекул которого входит большое количество аминокислотных остатков таких, как глицин, пролин, аргинин, аланин (заменяемые аминокислоты) и лизин (незаменимая аминокислота). Макромолекула коллагена представляет собой левозакрученную спираль из трёх  $\alpha$ -цепей. Для коллагена характерно такое свойство, как способность к термической денатурации. В результате денатурации спираль распадается на три отдельные  $\alpha$ -цепи, которые затем сворачиваются в «клубочки».

Коллаген является основным высокомолекулярным биополимером (молекулярная масса около 300000) соединительной ткани, кожи, сухожилий и костей животных организмов. Наибольшее содержание коллагена находится в средних слоях кожи, обуславливая её прочность.

Принимая пищу, люди и животные получают необходимые для организма незаменимые белки. В процессе пищеварения они разрушаются до отдельных аминокислот, которые используются для биосинтеза организмом собственных заменимых белков - в их числе коллагена, или подвергаются дальнейшему распаду для получения энергии.

Установлено, что синтез коллагена организмом человека прекращается в среднем в возрасте 21-25 лет, после чего считается, что кожа начинает стареть и не так хорошо восстанавливается. Как же восполнить недостаток коллагена в нашем организме? Огромное количество косметических компаний предлагают нам для этого различные средства (кремы, мази, сыворотки), содержащие коллаген. Но может ли наш организм усвоить этот заменимый белок (коллаген) посредством впитывания его через кожу?

Проведённое нами исследование с одним из лучших образцов крема показало отсутствие улучшения качества кожи, даже при его многократном использовании, что подтверждает заключение многих исследователей о том, что коллаген не способен усваиваться организмом через кожу.

студ. М.С. Третьякова, Н.М. Семенович,  
В.В. Кочерга, А.В. Карпицкая  
Науч. рук. доц. А.И. Глоба

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИЗОЦИАНАТНЫМИ ОТВЕРДИТЕЛЯМИ**

Водно-дисперсионные пленкообразующие материалы широко используются в качестве основы для создания покрытий и адгезионных составов для деревянных, пластмассовых и металлических изделий. Наличие высокореакционноспособных гидроксильных групп в пленкообразователе, в сочетании с изоцианатными отвердителями, дает возможность получать материалы, которые отвечают широкому диапазону требований. Процесс отверждения покрытия определяет комплекс его физико-механических и защитных свойств, поэтому степень отверждения является важным показателем качества [1].

Цель работы заключалась в установлении зависимости степени отверждения гидроксилсодержащих водно-дисперсионных пленкообразующих систем от их природы и концентрации изоцианатного отвердителя. В качестве объектов исследования использовались следующие гибридные водно-дисперсионные пленкообразователи: смесь сополимера этилена с винилацетатом (СЭВА) и поливиниловый спирт (ПВС); смесь поливинилацетата (ПВА) с ПВС; смесь стиролакриловой дисперсии (САД) с ПВС. Изоцианатный отвердитель (метафенилендиизо-цианат) вводили в гибридные водно-дисперсионные системы в следующих концентрациях: 3,1 мас.%; 6,2 мас.%; 9,3 мас.%; 12,4 мас.%. После приготовления составов и нанесения покрытий на фторопластовые пластины, образцы выдерживали в течении суток и определили их степень отверждения по содержанию в пленке гель-золь фракции.

Установлено, что в процессе отверждения более высокое содержание гель-фракции соответствует композиции на основе ПВА дисперсии. Это связано с тем, что наряду с гидроксильными группами ПВС в реакции отверждения участвуют реакционноспособные группы ПВА, что обеспечивает более быстрое расходование изоцианатных групп в процессе отверждения композиции и более высокое содержание гель-фракции в покрытии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Потемкина Е. Б. Формирование покрытий из совмещенных водных дисперсий гидроксилсодержащих полиакрилатов и модифицированных изоцианатов. – Ярославль, 2013. – 25 с.

УДК 667.633

студ. Ю.В. Духович, А.В. Мелешенко

Науч. рук. доц. А.И. Глоба

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УФ-ОБЛУЧЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Одним из перспективных методов улучшения эксплуатационных характеристик лакокрасочных материалов является модифицирование поверхностного слоя покрытий посредством облучения их ионизирующим излучением. Такой метод позволяет формировать пространственно-сшитые системы, регулировать молекулярно-массовые характеристики, формировать структуры различной морфологии. Ультрафиолетовое излучение за счет довольно высокой энергии (3,1–12,4 эВ) употребляют преимущественно при получении покрытий из материалов, способных отверждаться за счет реакций полимеризации.

Целью данного исследования являлась разработка метода модификации структуры и свойств лакокрасочных покрытий ионизирующим излучением. В качестве объектов исследования были выбраны лакокрасочные материалы на основе алкидных, меламино-алкидных, алкидно-стирольных, эпоксидных, акриловых пленкообразователей в виде растворов в органических растворителях и водных дисперсий. Выбранные пленкообразующие материалы характеризуются принципиально различными свойствами, процесс пленкообразования происходит по различной схеме. Для исследования влияния активных наполнителей на свойства покрытий были приготовлены составы с различным их содержанием – от 3 до 30 мас.%. В качестве активных наполнителей ЛКМ исследовали полые стеклянные микросферы. Анализа экспериментальных данных по определению физико-механических свойств непигментированных, а также пигментированных и модифицированных полыми стеклянными микросферами лакокрасочных систем позволил сделать вывод, что сразу после облучения твердость существенно уменьшается, в то время как спустя сутки и более она возрастает, достигая значений, заметно превышающих начальные. Такое изменение свойств, возможно, связано с деструк-

тивными процессами на начальном этапе под действием излучения большой энергии, и с последующим образованием более развитой пространственно-сшитой структуры за счет взаимодействия образовавшихся под действием УФ-излучения активных радикалов. Этот эффект наиболее ярко проявляется для ЛКМ на основе алкидного олигомера, содержащего в своем строении неперекрещенные связи в жирнокислотных остатках растительных масел, которые являются наиболее чувствительными к УФ-излучению.

УДК 678.7 – 036

студ. А.С. Даниленко, Д.Г. Марач  
Науч. рук. ст. преп. Л.А. Ленартович  
(кафедра полимерных композиционных материалов)

### **КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК В КОМПОЗИЦИЯХ ПОЛИАМИДА-6**

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) находят широкое применение во всех сферах жизнедеятельности человека. Сочетание термопластичных и терморезистивных связующих с наполнителями различной природы, а также использование специфических добавок позволяет создавать материалы, обладающие широчайшим спектром свойств и соответствующие требованиям самых ответственных областей промышленности. Применение полимерных материалов в различных областях жизни требует от них устойчивости к воздействию повышенных температур в присутствии кислорода воздуха, УФ-излучению, повышенных деформационно-прочностных, диэлектрических, фрикционных и иных свойств. Для этих целей разработан целый ряд функциональных добавок, таких как стабилизаторы, наполнители, поглотители кислот, смазывающие, антиблокирующие, скользящие, процессинговые и другие добавки. Совместное использование в композициях таких добавок может приводить как к синергическим, так и антагонистическим эффектам или без видимых эффектов взаимодействия. Данный факт должен быть учтен при составлении рецептур полимерных композиций с целью получения материалов с наилучшим комплексом свойств, а также предупреждения возможного перерасхода дорогостоящих добавок. Важнейшим направлением исследований является изучение влияния компонентов ПКМ на устойчивость к различным видам деструкции как при их использовании в отдельности, так и при совместном введении.

Целью данной работы было изучение совместного влияния различных функциональных добавок на изменение свойств композиций на основе полиамида-6 под влиянием повышенной температуры. В ходе исследований определено изменение деформационно-прочностных свойств композиций, водопоглощение, плотность и твердость по Шору Д, а также расчетные значения энергии активации термоокислительной деструкции. Установлено, что использование стабилизатора Hostanox 03 совместно со скользящей добавкой DL 5644 приводит к возникновению антагонистического эффекта, а при совместном использовании в комбинации с антиблокирующей и скользящей добавками приводит к сохранению свойств композиций.

УДК 678.046.39

студ. В.А. Каракулько

Науч. рук. ассист. О.А. Кротова

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОСФЕРНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Введение в полимерные композиции минеральных наполнителей способствует улучшению их физико-механических, технологических свойств, увеличению объема материала (при этом происходит разбавление полимера), т. е. снижению его стоимости. Кроме того, минеральные наполнители применяют для изменения окраски полимерных материалов. Степень влияния минеральных наполнителей на те или иные свойства полимерных композиций зависит от их химического состава, дисперсности и формы частиц, состояния поверхности, процентного содержания и других факторов.

Целью работы являлось исследование влияние микросферного наполнителя на свойства эластомерных композиций. В качестве объектов исследования выступали наполненные эластомерные композиция на основе бутадиен-нитрильного каучука, содержащие от 10,0 до 30,0 мас. ч. микросфер на 100 мас. ч. каучука.

Микросферы представляют собой белые, инертные, сферические кварцевые частицы, наполненные воздухом, на основе натрий борсиликатного стекла, обладающие высокой твердостью и разработанные специально для снижения себестоимости продукции, а также увеличения объема и снижения веса готового изделия. Исследуемый микросферный наполнитель имеет следующий химический состав,

мас. %: Na<sub>2</sub>O – 1,41; MgO – 0,95; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 7,28; SiO<sub>2</sub> – 79,01; K<sub>2</sub>O – 1,92; TiO<sub>2</sub> – 1,65; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 7,78.

Результаты исследований технологических свойств резиновых смесей выявили, что введение в эластомерные композиции микросфер приводит к снижению вязкости по Муни, а также облегчает протекание релаксационных процессов. Анализ технических свойств вулканизатов показал, что резины с микросферами характеризуются повышенной стойкостью к воздействию повышенных температур, по сравнению с образцами без добавок. При этом наибольшей теплостойкостью обладают вулканизаты, содержащие 20,0 мас. ч. исследуемых добавок. Кроме того, установлено, что введение в резиновые смеси микросфер в дозировках 10,0 и 20,0 мас. ч. способствует увеличению сопротивления истиранию вулканизатов на 16,5–25%.

УДК 678.04

студ. Я.М. Прокопович  
Науч. рук. доц. Ж.С. Шашок  
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ШИННЫХ РЕЗИН, СОДЕРЖАЩИХ КОМБИНАЦИЮ НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

Важным фактором, оказывающим влияние на эксплуатационные характеристики шин является теплообразование: Повышение температуры внутри шины приводит к ускорению старения резины, а также к снижению прочности между слоями резины внутри шины и снижению прочности самой резины. Теплообразование является значительной частью потерей механической энергии в шине (сопротивления качению, гистерезисные потери). Большое теплообразование означает, что в виде тепла рассеивается большее количество механической энергии и, как следствие, увеличивается потребление топлива, что также является важным фактором вследствие постоянного роста цен на углеводородное сырье.

Большое влияние на теплообразование оказывают используемый в качестве полимерной основы эластомер, а также используемый наполнитель. Несмотря на то, что используемый в качестве наполнителя технический углерод обладает уникальным комплексом технологических и технических свойств, приводящих к тому, что он остается наиболее востребованным наполнителем, его введение значительно повышает теплообразование в резинах. Поэтому целесообразным является использование его в комбинации с другими наполнителями, снижающими теплообразование.

Целью работы являлось исследование влияния рецептурных факторов на теплообразование в резинах подканавочного слоя шин. Одним из путей снижения теплообразования является частичная замена технического углерода на кремнекислотные наполнители с использованием агентов силанизации. Объектами исследования являлись резиновые смеси подканавочного слоя и вулканизаты на их основе, содержащие различные системы наполнителей. Образцом сравнения была резиновая смесь с использованием 44,0 масс. ч. технического углерода марки N347.

В результате исследований установлено, что наилучшим комплексом свойств обладают резиновые смеси и вулканизаты на их основе с использованием комбинации 34 мас. ч. технического углерода N347 и 10 мас. ч. минерального наполнителя марки Perkasil. Полученные резины характеризуются меньшим изменением показателя вязкости по Муни резиновых смесей по сравнению с другими смесями, повышенной стойкостью резин к термическому старению и многократным деформациям (в 2,26 раза) и меньшим теплообразованием (на 19,3%).

УДК 678.011

студ. Т.В. Чабан

Науч. рук. ст. преп. Е.П. Усс

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО ЗАТРУДНЕННЫХ АМИНОФЕНОЛОВ НА КИНЕТИКУ ВУЛКАНИЗАЦИИ МОДЕЛЬНЫХ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ**

Вулканизация – это комплекс физико-химических процессов, протекающих в резиновой смеси, основным из которых является сшивание макромолекул каучука химическими связями различной энергии и природы в единую пространственную вулканизационную сетку. Определение кинетических параметров вулканизации позволяет оценить влияние различных ингредиентов на изменение свойств эластомерных композиций в процессе формирования их вулканизационной структуры.

Объектами исследований являлись модельные эластомерные композиции на основе синтетического полиизопренового каучука СКИ-3, в которые вводились стабилизирующие добавки на основе пространственно затрудненных аминофенолов в различных дозировках. Технология получения исследуемых стабилизирующих добавок полифункционального действия была разработана в лаборатории хи-

мии свободнорадикальных процессов учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем». Данные добавки вводились в дозировках 0,5 и 1,5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Образцом сравнения служили эластомерная композиция, не содержащая добавок, а также композиция с промышленным стабилизатором 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенолом (ионол, ВНТ) в равноценных с исследуемыми добавками дозировках. Исследование кинетики вулканизации проводилось на реометре ODR2000 согласно ГОСТ 12535-84.

Определено, что применение аминифенольных стабилизаторов увеличивает время начала подвулканизации резиновой смеси до 8,8% по сравнению с образцом, содержащим промышленный стабилизатор ионол. Время достижения оптимума вулканизации ( $t_{90}$ ) композиций с аминифенолами в зависимости от их дозировки изменяется в диапазоне 24,77–30,83 мин. При этом показатель  $t_{90}$  для образца без добавок составляет 29,83 мин, а для образцов с разным содержанием ионола – 24,70–26,49 мин. Следует отметить, что общая скорость вулканизации резиновых смесей с аминифенольными добавками до 19,6% меньше чем у образцов с промышленным стабилизатором. Таким образом, установлено, что кинетические параметры вулканизации эластомерных композиций зависят от молекулярного строения и количественного содержания вводимых аминифенольных стабилизаторов.

УДК 621.798-181.4

студ. Д.А. Лапковская

Науч. рук. доц. Р.М. Долинская

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ БЫТОВЫХ НУЖД**

Значимость упаковки в современном мире очень высока, а объемы ее производства возрастают с каждым годом [1]. Пленочные полимерные материалы широко применяются в различных отраслях промышленности и пищевой промышленности [2, 3]. Причины для использования пленок различны: – технические: пленки позволяют наносить на товары печать и информирующие потребителя надписи. Они выглядят эстетично и легки по весу; – экономические: пленки могут производиться в массовом порядке по низким ценам, и особенно хороши для производства упаковки небольшими партиями; – эстетические: пленки могут придать товару внешнюю привлекательность и предложить широкие возможности по дизайну - для нанесения ри-

сунков и надписей; – экологические: снижение веса упаковки, высокие защитные способности полимеров (по сравнению с бумажной упаковкой и картоном) делают пленки более благоприятными для окружающей среды [4]. Полимерные пленки изготавливали из гранул ПЭВД на лабораторном экструдере. В табл. 1 представлены используемые кратности горячей вытяжки и толщины полученных пленок.

**Таблица 1 – Изменение толщины пленки при увеличении кратности вытяжки**

№ п/п	Кратность вытяжки	Толщина пленки, мм
1	7,2	100
2	9,3	70
3	12,5	40

Для оценки влияния изменения кратности вытяжки на структуру полимерной пленки был выбран метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Данный метод позволяет оценить изменение количественных характеристик энергетических преобразований в материале: кристалличность  $Cr$ , энтальпию процесса  $H$  и температуру плавления  $T_{пл}$ . Полученные результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Теплофизические характеристики полиэтиленовых пленок полученных при различных кратностях вытяжки**

Кратность вытяжки	Степень кристалличности, %	Энтальпия процесса, Дж/г	Температура плавления, °С
7,2	32,5	96,3	107,4
9,3	30,9	93,2	107,8
12,5	35,0	97,7	107,5

Анализ теплофизических характеристик показывает, что общая степень кристалличности полимера несущественно зависит от кратности вытяжки. Таким образом, сегодня упаковка играет очень важную роль при выборе потребителем того или иного товара. Однако, наряду с привлекательностью упаковки стоят такие немаловажные характеристики, как степень сохранности естественных свойств продукта, защиты его от таких внешних факторов, как свет, газ, влага, тепло и механические повреждения. Технолог современного производства должен иметь представление обо всех доступных на рынке упаковочных материалах, возможных для применения производимого ими продукта [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Н. Ф., Мандрусов А. А., Колесниченко М. Г. Разработка аппарата комплексного прогнозирования свойств пленок полиэтилена для производства упаковки // Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2010. – № 5. – С. 45–59.
2. Лебедева Т. М. Экструзия полимерных пленок и листов. – СПб.: ЦОП «Профессия». – 2009 – 216 с. (Библиотечка переработчика пластмасс).
3. Полимерные пленки. Е.М. Абдель-Бари (ред); пер. с англ. Под ред. Г.Е. Зайкова. СПб.: Профессия. – 2005г. – 480с.
4. Все о пленках. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unipack.ru/pdf/films.pdf>. Дата доступа: 25.03.2020.

УДК 678.01

студ. П.Н. Герцик

Науч. рук. доц. Р.М. Долинская

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

### **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА**

Полимерные материалы и в частности на основе полиэтилена отвоевывают все новые ниши в производстве различных изделий и являются важнейшими конструкционными материалами современной техники. Изделия из пластика не изменяют своих свойств при контакте с влагой, поэтому не подвергаются коррозионным образованиям и применяются для изготовления труб [1–3]. Молекулы полиэтилена представляют собой длинные разветвленные цепочки. При очень большом давлении и в присутствии катализатора между длинными молекулами полиэтилена образуется множество поперечных связей. Материал превращается в трехмерную сетку с небольшими ячейками [4]. В результате получается совершенно другой материал с другими физическими свойствами: пластичный при нагреве до 200°C, причем не течет, а становится эластичным наподобие резины. Первым полиэтиленом высокой плотности, используемым для производства напорных труб, был линейный гомополимер, высокомолекулярная цепь которого состояла только из молекул этилена. При достаточно высокой кратковременной прочности гомополимер обладал низкой стойкостью к растрескиванию и резко снижались прочностные свойства при длительной эксплуатации. Значение MRS, характеризующее длительную прочность и используемое для расчета рабочего давления трубопроводов, составляло 6,3 МПа. Стремление увеличить стойкость

к растрескиванию и избежать перехода от пластического к хрупкому разрушению в пределах времени эксплуатации привело к созданию полиэтилена второго поколения. За счет введения в процессе синтеза сомономеров (бутен или гексен), образующих на макромолекулах полиэтилена боковые ответвления, удалось резко повысить стойкость полимера к растрескиванию и увеличить значение MRS до 8,0 МПа. Однако при этом снизилась кратковременная прочность, модуль упругости и стойкость к быстрому распространению трещин, что делает невозможным использование этого полиэтилена для производства труб, эксплуатирующихся при давлении свыше 6 атм.

Сочетание высокой кратковременной прочности и высокой стойкости к растрескиванию удалось получить путем создания, так называемого бимодального полиэтилена – полиэтилена третьего поколения. Полимер обладает высокой стойкостью к быстрому распространению трещин, и по этому показателю нет препятствий для производства водопроводных труб. Труба полиэтиленовая для подачи холодной воды имеет ряд физико-механических характеристик. К таким характеристикам относятся относительное удлинение при разрыве, граница текучести при растяжении, изменение длины труб после прогрева, стойкость при постоянном внутреннем давлении при 20°C (100 часов), 80°C (165 часов) и 80°C (1000 часов), а также термостабильность труб при 200°C. Относительное удлинение при разрыве и граница текучести при растяжении являются оценочными характеристиками пластичности трубы, а именно - определяют способность трубы реагировать на повышенные нагрузки растяжением, а не ломкостью, трещинами, разрывами. Показатель механического напряжения (границу текучести при растяжении) должен быть не менее 16 МПа для труб из полиэтилена с MRS до 8,0 МПа и не менее 21 МПа для труб из полиэтилена с MRS до 10 МПа. Также при этом испытании измеряют длину образца после растяжения. Данный показатель для труб из полиэтилена с MRS до 8,0 МПа и для труб из полиэтилена с MRS до 10 МПа должен составлять не менее 350 % от первоначальной длины образца. Стойкость при постоянном внутреннем давлении при 20°C (100 часов), 80°C (165 часов) и 80°C (1000 часов) характеризует возможность трубы держать рабочее давление длительный срок.

Испытание на растрескивание трубного полиэтилена при температуре 80°C и времени испытания не менее 8760 часов показало возможность применения полиэтиленовых труб для горячего водоснабжения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. / Оптимизация восстановления водоотводящих сетей // М.: Стройиздат, 2002. – 185 с.
2. Храменков С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей / ИИЦ «ТИМР». М., 2000. – 180 с.
3. Удовенко В.Е., Сафронова И.П., Гусева Н.Б. / Полиэтиленовые трубопроводы это просто // Полимергаз, 2003. – 237 с.
4. Храменков С.В. / Стратегия модернизации водопроводной сети // М.: Стройиздат, 2005. – 398 с.

УДК 676.22.017

магистрант К.И. Солошенко<sup>1</sup>

Науч. рук. доц. И.В. Лыч<sup>1</sup>, доц. И.М. Волошина<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>Национальный университет пищевых технологий,

<sup>2</sup> Киевский национальный университет технологий и дизайна, г. Киев, Украина)

### **ПОДАВЛЕНИЕ ПРОЛИФЕРАЦИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ КЛЕТОК ПОД ВЛИЯНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ БЕЛКОВЫХ ФРАГМЕНТОВ МОЛОЗИВА**

**Введение.** Онкологические заболевания являются одной из основных причин смертности во всем мире. Обычно противораковая терапия включает химиотерапию и лучевую терапию, которая вызывает серьезные побочные эффекты для человека. Поэтому природные противораковые соединения, такие как пептиды молозива, могут быть лучшей альтернативой для профилактики и лечения онкологических заболеваний.

Молозиво содержит много биоактивных противораковых пептидов, которые встречаются в молозиве в более высоких концентрациях, чем в молоке, такие как казоморфин, казеинфосфопептиды,  $\alpha$ -лактоальбумин, сывороточный альбумин, лактоферрин, лактоферрицин В [1, 2]. Лактоферрин – железосвязывающий белок молозива, который владеет наибольшей противораковой активностью. Лактоферрин обладает тормозящим воздействием на пролиферацию раковых клеток, а также обладает противовоспалительными и антиоксидантными свойствами [3]. Противоопухолевая активность лактоферрина была установлена в нескольких моделях *in vitro* и *in vivo*. Лактоферрин предотвращает многие виды рака, например, рак толстой кишки [4], рак молочной железы [5]. Кроме того, лактоферрин и лактоферри-

цин В вызывают апоптоз только онко-клеток, не разрушая здоровые нетрансформированные клетки [4].

**Экспериментальная часть.** Материалом исследования являлась очищенная смесь биологически активных белковых фрагментов молозива коров концентрацией 10 мг/мл и 100 мг/мл.

В своей работе мы провели исследование антипролиферативного влияния комплекса биологически активных белковых фрагментов молозива на раковые клетки. В ходе исследования использовались следующие линии раковых клеток: клетки рака молочной железы MCF-7, мочевого пузыря T-24 и легких A-549.

В результате исследования антипролиферативных свойств препарата на основе биологически активных белковых фрагментов молозива коров концентрацией 10 мг/мл было установлено, что наибольшее апоптическое влияние комплекса биологически активных белков наблюдалось на клетки рака молочной железы MCF-7, которое в процентном соотношении составило 70%, клетки рака мочевого пузыря T-24 также подверглись апоптозу на 20%, а действие препарата на клетки рака легких A-549 проявилось очень слабо и составило 10%.

Параллельно нами были исследованы антипролиферативные свойства препарата на основе биологически активных фрагментов молозива коров концентрацией 100 мг/мл, в результате чего было установлено, что наибольшее апоптическое влияние данный препарат проявлял на клетки рака молочной железы MCF-7, которое в процентном соотношении составило 80%. Клетки рака мочевого пузыря T-24 хуже подвергались апоптозу (на 40%), а действие данного препарата на клетки рака легких A-549 проявлялось только на 20%.

**Выводы.** Полученные результаты подтверждают антипролиферативное действие смеси биологически активных фрагментов, выделенных из молозива коров, на разные линии раковых клеток, что приводит к подавлению их роста и развития в определенном соотношении.

Лучше всего проявляются антипролиферативные свойства под влиянием препарата на основе комплекса биологически активных белков молозива коров концентрацией 100 мг/мл. При этом наибольшее влияние наблюдалось на клетки рака молочной железы MCF-7 и составляло 80%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sah B.N.P., Vasiljevic T., McKechnie S., Donkor O.N. Milk Identification of Anticancer Peptides from Bovine Milk Proteins and Their Po-

tential Roles in Management of Cancer: A Critical Review // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. – 2015. – Vol. 14. – P. 123-138.

2. Pepe G., Tenore G.C., Mastrocinque R., Stusio P., et. al. Potential Anticarcinogenic Peptides from Bovine Milk // J. Amino Acids. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1-7.

3. Agarwal P., Gupta R. A Review on Anticancer Property of Colostrum // Research and Reviews Journal of Medical and Health Sciences. – 2016. – Vol. 5, N. 4.

4. Jiang R., Lonnerdal B. Bovine lactoferrin and lactoferricin exert antitumor activities on human colorectal cancer cells (HT-29) by activating various signaling pathways // Biochem. Cell Biol. – 2017. – Vol. 95. – P. 99-109.

5. Duarte D.C., Nicolau A., Teixeira J.A., Rodrigues L.R. The effect of bovine milk lactoferrin on human breast cancer cell lines. // J. Dairy Sci. – 2011. – Vol. 94, N. 1. – P. 66-76.

УДК 577.151.01

магистрант Т.Ю. Кривец

Науч. рук. доц. О.П. Слободян

(Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ХИТИНОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ**

Хитин является вторым по величине полисахаридом в природе после целлюлозы, который присутствует в клеточных стенках грибов, экзоскелетов насекомых и ракообразных [1]. С помощью хитинолитических ферментов хитин разлагается до хитоолигомеров, которые в последние годы представляют интерес в связи с их широким применением в различных областях медицины. Хитиназы и производные хитина, получаемые с помощью хитинолитических ферментов, применяются как потенциальная добавка в противогрибковых кремах и лосьонах; в ряде медицинских изделий, таких как контактные линзы, искусственная кожа и хирургические швы; в качестве укрепления костей при остеопорозе и для лечения остеоартрита; в качестве антибактериального, противогрибкового и противомаларийного средств; как гемостатический агент в перевязочных материалах; для снижения уровня глюкозы в сыворотке крови у диабетиков [2].

На сегодня одним из самых распространённых заболеваний в мире есть рак. В последнее время встречается все больше работ, которые подтверждают, что хитинолитические ферменты можно использовать для борьбы с раком. Исследования показывают, что

раковые клетки погибают при воздействии на них хитиназой. В некоторых исследованиях хитиназы работают вместе с протеазами и могут повреждать различные раковые клетки как *in vitro*, так и *in vivo* [3]. Глубокое понимание биологической роли различных хитиназ может помочь ученым разработать новые терапевтические подходы к ряду заболеваний, включая астму, рак и хронический риносинусит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rathore, A. S., & Gupta, R. D. (2015). Chitinases from Bacteria to Human: Properties, Applications, and Future Perspectives. *Enzyme Research*, 2015, 1–8.
2. Mohammed Kuddus. Potential applications of microbial chitinase: Recent development. *Biochem. Cell. Arch.* Vol. 14, No. 1, pp. 1-7, 2014. ISSN 0972-5075
3. Xing-Qing Pan. The mechanism of the anticancer function of M1 macrophages and their use in the clinic. *Chin J Cancer*. 2012; 31(12): 557–563.

УДК 678.55(075.8)

студ. П.И. Шумчик, А.О. Максимов, Н.С. Ушак  
Науч.рук.доц. А.И. Глоба  
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

#### **ПОДБОР МЕТОДИК И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ДИСПЕРСИЙ**

Полимерные дисперсии получают методом эмульсионной полимеризации. Преимущества данного метода обусловлены проведением процесса полимеризации с высокой скоростью и получением (со)полимеров с большой молекулярной массой, также этот способ позволяет синтезировать высококонцентрированные латексы со сравнительно малой вязкостью [1]. Полимерные дисперсии, широко применяемые в промышленной и гражданской областях, по назначению делят на две группы: дисперсии, которые используются в качестве вспомогательных материалов и дисперсии, используемые в качестве основного материала при производстве латексных изделий [2]. Одной из основных сфер применения данных дисперсий является производство водно-дисперсионных лакокрасочных материалов – лаков, красок, эмалей, грунтов.

Цель данной работы заключалась в подборе методик и изучении свойств полимерных дисперсий на примере акриловой и стирол-акриловой дисперсий.

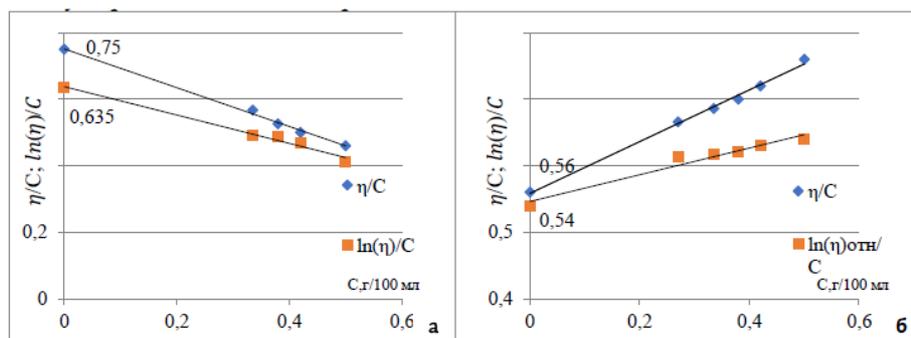
Для получения образцов покрытий, необходимых для дальнейшего определения твердости по маятниковому прибору типа ТМЛ (ГОСТ 5233–89), акриловую и стирол-акриловую дисперсии аппликатором наносили на стеклянные подложки при комнатной температуре. Испытания проводили через 48 часов. Сущность метода по определению твердости заключается в определении числа затухающих колебаний маятника, помещенного на покрытие по сравнению с числом колебаний маятника на стеклянной подложке. Измерение проводили не менее, чем на трёх участках образца. Исходя из результатов исследования, твердость для акриловой и стирол-акриловой дисперсий составила 0,278 и 0,315 отн. ед. соответственно.

Наиболее простой и доступный метод определения молекулярной массы сополимеров в широкой области значений молекулярных масс является вискозиметрический метод [3]. Для определения вязкости раствора сополимера определяют время истечения равных объемов растворителя и раствора через капилляр вискозиметра при заданной постоянной температуре. Сополимеры были получены разрушением дисперсий путем перевода их pH в кислую среду с помощью уксусной кислоты с последующим промыванием осадка до нейтральной реакции, фильтрованием и высушиванием. Для растворения осажденных сополимеров были выбраны три растворителя различной полярности: толуол, ацетон и этилцеллозольв. Установлено, что этилцеллозольв является наиболее подходящим растворителем для данных сополимеров и позволяет получить растворы с концентрацией 0,5 г/100мл. В таблице 1 представлены результаты измерения относительной ( $\overline{\eta_{отн}}$ ), удельной ( $\overline{\eta_{уд}}$ ), приведенной ( $\overline{[\eta_{пр}]}$ ) и характеристической ( $\overline{([\eta]_{c \rightarrow 0})}$ ) вязкостей для акрилового и стирол-акрилового сополимеров.

На оси ординат каждого из графиков (рисунок) был получен отрезок путём экстраполяции прямой к нулевой концентрации, равный характеристической вязкости. Так как характеристическая вязкость, исходя из уравнения Марка-Куна-Хаувинка, прямо пропорциональна молекулярной массе сополимера, то на основе экспериментальных значений сделан вывод, что молекулярная масса стирол-акрилового сополимера превышает молекулярную массу акрилового сополимера.

**Таблица 1 – Результаты расчета различных вязкостей сополимеров**

$V + V_2, \text{ мл}$	$C, \text{ г/100 мл}$	$t, \text{ сек}$	$\eta_{\text{отн}}$	$\eta_{\text{уд}}$	$\eta_{\text{пр}}$	$[\eta]_{C \rightarrow 0}$
			Расчетные формулы			
			$\eta_{\text{р-р}}/\eta_{\text{р-ль}}$	$\eta_{\text{отн}} - 1$	$\eta_{\text{уд}}/C$	$\ln \eta_{\text{отн}}/C$ при $C \rightarrow 0$
<b>Стирол-акриловый сополимер</b>						
10	0,50	271,4	1,23	0,23	0,46	0,41
12	0,42	268,3	1,21	0,21	0,5	0,47
13	0,38	265,6	1,20	0,20	0,526	0,49
15	0,34	262,8	1,19	0,19	0,567	0,49
<b>Акриловый сополимер</b>						
10	0,50	318,9	1,38	0,38	0,76	0,64
12	0,42	300,1	1,30	0,30	0,72	0,63
13	0,38	292,4	1,27	0,27	0,7	0,62
15	0,34	283,5	1,23	0,23	0,69	0,62
18,5	0,27	271,9	1,18	0,18	0,67	0,61



**Рисунок 1 – График зависимости  $\eta_{\text{уд}}/C$  и  $\ln(\eta_{\text{отн}})/C$  от  $C$  для стирола-акрилового (а) и акрилового (б) сополимеров**

Вязкость по Брукфильду (ГОСТ 25271–93) для исследованных образцов составила 270 и 300 мПа•с (шпindelь № 4) при скорости сдвига 20 об/мин, температуре 20°C и сухом остатке дисперсий 50%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеева В.И. Полимерные дисперсии. – Москва.: Химия, 1980. – 296 с.
2. Вережников В.Н., Гринфельд Е.А. Синтез латексов: Учебное пособие. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. – 47 с.
3. Прокопчук Н.Р., Грушова Е.И., Шашок Ж.С., Кучук А.В. Химия и физика пленкообразующих веществ: лабораторный практикум для студентов специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий». – Минск : БГТУ, 2003. – 59 с.

студ. К.В. Мажукова

Науч. рук. доц. П.Н. Саввин

(кафедра технологии органических соединений,  
переработки полимеров и техноферной безопасности, ВГУИТ)

## **ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ ЭКСТРАКТА БАВ В СОСТАВ ГУБНОЙ ПОМАДЫ**

В настоящее время больше и больше возрастает спрос на косметические средства, имеющие в своём составе компоненты натурального происхождения. Особый интерес сейчас уделяется косметическим продуктам, имеющим в своём составе антиоксиданты. Они защищают клетки кожи от негативного воздействия окружающей среды, нейтрализуя свободные радикалы, препятствуют повреждению мембран, сохраняют силу, красоту человека. В качестве перспективных природных антиоксидантов выделяют антоциановые пигменты, которые составляют основу полифенольного комплекса целого ряда ягод и цветов. По антиоксидантной активности антоцианы во много раз превосходят витамины Е и С. Наиболее активно природное сочетание биофлавоноидов. В качестве биологически активной добавки при производстве губной помады выбран экстракт ежевики, так как среди плодовых-ягодных культур ежевика является одним из лидеров по содержанию в своём составе антоциановых пигментов. Выделение антоцианов из растительного сырья проводили методом экстракции при температуре 55-60°C, гидромодуль 1:5. В качестве экстрагентов использовали подкисленную воду, глицерин и этанола (96 % об.). Необходимость введения экстракта в губную помаду заключается в следующем: так как состав данного средства состоит из жировых компонентов и процесс производства заключается в нагревание ингредиентов до 80-85 °С, то процессы окисления увеличиваются. Следовательно, чтобы предотвратить окислительные процессы необходимо введение антиоксидантов в рецептуру. Для этого была рассмотрена возможность применения экстракта ежевики в качестве технологической добавки (антиоксиданта) в составе губной помады на жирно-восковой основе.

Для установления нужного количества экстракта ежевики в рецептуре были приготовлены опытные образцы губной помады с добавлением глицеринового экстракта по рецептурам, представленным в таблице 1. Данное содержание глицеринового экстракта ежевики обусловлено тем, что предельно допустимая концентрация глицерина в косметических средствах должна быть в пределах 5-7 %. Вводить экстракт в полученную смесь нужно при температуре не выше 70°C, так как при превышении указанной температуры происходит разрушение антоцианов.

**Таблица 1 – Рецептуры опытных образцов губной помады**

Ингредиенты	Контроль	№1	№2	№3	№4
Воск карнаубский, %	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
Воск канделильский, %	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
Воск пчелиный, %	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90
Парафин, %	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Масло какао, %	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
Масло Ши, %	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
Изопропилмирикат, %	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60
Масло кокосовое, %	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
Масло касторовое, %	17,05	23,14	20,60	18,10	15,60
Масло персиковое, %	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55
Моностерат глицерина, %	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45
Циклометикон, %	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Масляный экстракт ромашки, %	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Экстракт ежевики, %</b>	-	<b>2,5</b>	<b>5</b>	<b>7,5</b>	<b>10</b>
Витамин А, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Витамин Е, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Отдушка, %	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

Оценку органолептических и физико-химических показателей губной помады проводили согласно требованиям и нормам, указанным в ГОСТ 31649-2012. Установлено, что все исследуемые образцы соответствуют нормам контроля по показателям: температура каплепадения, внешний вид, кроющая способность, цвет, запах. В ходе исследования выявлено, что введение до 10 % экстракта не влияет на органолептические нормы качества, однако оказывает положительное воздействие устойчивость к окислению. Происходит снижение величины карбонильного числа губной помады при добавлении в его состав экстракта ежевики. При добавлении экстракта в количестве 5% величина карбонильного числа уменьшилась на 83 % по сравнению с контрольным. С увеличением количества экстракта незначительно изменяется цвет, каждый последующий образец приобретает более розоватый оттенок.

Цветометрическую оценку окраски, полученных образцов проводили при помощи планшетного сканера. Обработка результатов цветометрических измерений показывает, что доля каждого из компонентов изменяется незначительно, при этом интенсивность снижается. В результате, установлено, что введение экстракта в производство губной помады влияет на цветометрические характеристики незначительно.

Таким образом, в ходе проведенных испытаний, можно заключить - 5 % глицеринового экстракта ежевики в составе губной помады придаёт лучшие потребительские свойства.

студ. Ю.Е. Кутепова, В.С. Сеницына;  
Науч. рук. доц. Н.Ю. Санникова, проф. П.Т. Суханов  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техноферной безопасности, ВГУИТ)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СУЛЬФОАЗОКРАСИТЕЛЕЙ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД**

Традиционно применяемые экстрагенты для извлечения и концентрирования сульфазокрасителей из водных растворов – токсичные и горючие растворители. Многие из них характеризуются канцерогенным и общим раздражающим действием на организм человека. Разработка новых экстракционных систем для извлечения сульфазокрасителей из водных растворов – актуальная аналитическая задача.

В качестве экстрагентов нами применены водорастворимые полимеры – поли-N-виниламиды, полиэтиленгликоли. Выбор полимеров обусловлен их экологической безопасностью. Полиэтиленгликоли (ПЭГ) – нетоксичные соединения, известные как загустители и связующие в фармацевтической промышленности и косметологии. Двухфазные водные системы на основе ПЭГ успешно применяются для экстракционного извлечения и разделения органических и неорганических веществ различных классов. Для экстракции сульфазокрасителей нами применены ПЭГи с молекулярной массой 2000 и 5000.

Поли-N-виниламиды применяются в медицине как основа кровезаменителя с дезинтоксикационными свойствами, как связующее и стабилизатор при изготовлении лекарственных таблеток, а также в косметической и текстильной промышленности. Полимеры характеризуются высокой гидрофильностью, хорошими адгезионными и комплексообразующими свойствами, способностью образовывать отдельную фазу при введении в систему высаливателя. Для экстракции синтетических красителей наиболее эффективны поливинилпирролидон (ПВП) и поливинилкапролактан (ПВК).

Изучено распределение сульфазокрасителей E102, E110, E122, E124, E129 в системе водный раствор полимера – насыщенный водный раствор сульфата аммония или натрия. Оптимизированы условия экстракции, обеспечивающие практически полное извлечение красителей из водно-солевых растворов. Интерпретировано влияние структуры и молекулярной массы полимера на полноту извлечения сульфазокрасителей.

Для образования двухфазной системы в качестве высаливателей нами применены неорганические соли. Установлено, что для изученных систем наиболее эффективным высаливателем является сульфат аммония. Это объясняется тем, что вода в фазе, содержащей сульфат аммония, практически полностью переходит в сольватные сферы иона аммония. Различия в степени извлечения сульфазо-красителей нивелируются при возрастании содержания полимера в водном растворе.

С увеличением молекулярной массы полимеров степени извлечения (%) сульфазокрасителей при однократной экстракции повышаются, что показано на примере полиэтиленгликолей:

краситель	E102	E110	E122	E124	E129
ПЭГ 2000	80	89	93	86	93
ПЭГ 5000	95	97	99	98	99

Для практически полного извлечения красителей из водных растворов рекомендуются системы, содержащие 2 мас. % ПЭГ 2000, 1 мас. % ПЭГ 5000, 1 мас. % ПВК и ПВП.

Высокая эффективность экстракционных систем связана с образованием комплексных соединений полимеров с красителем. Комплексообразование обусловлено гидрофобными взаимодействиями этиленовых групп ПЭГ с ароматическими группами красителя, а также с образованием водородных связей между ОН-группами полимера и красителя.

Комплексообразование красителя с ПВК объясняется образованием кооперативной сетки водородных связей с участием поляризованных молекул воды в виде цепеподобных мостиков-ассоциатов между ОН-группой синтетических красителей и карбонильных групп полимера. Установлена большая комплексообразующая способность ПВК по сравнению с ПВП. Степень извлечения сульфазокрасителей при экстракции ПВК в 1,5 раза выше, чем в системах с ПВП или ПЭГ.

Выполненное исследование позволяет сделать вывод о том, что изученные экстракционные системы на основе экологически безопасных водорастворимых полимеров эффективны для извлечения и концентрирования сульфазокрасителей из водных растворов. Полученные результаты позволяют рекомендовать водорастворимые полимеры для практически полного извлечения красителей из водных сред и последующего спектрофотометрического определения в равновесной водной фазе.

студ. М.С. Деркачев  
Науч. рук. асс. А.С. Москалев  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **ВЛИЯНИЕ ТИПА ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ ГРУППЫ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

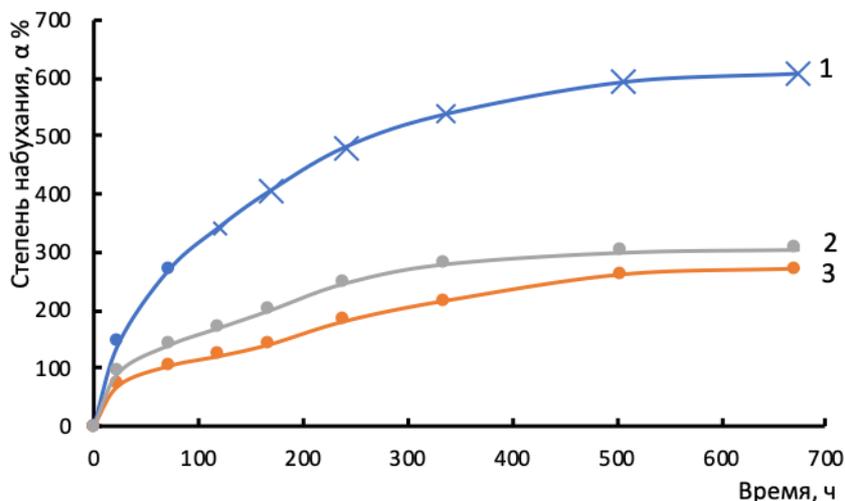
В строительстве для уплотнения бетонных конструкций, зданий и сооружений широко применяются эластомерные материалы, которые содержат в своем составе различные водонабухающие компоненты. Вода, проникающая в неплотности шва, приводит к набуханию материала, заполняющего зону фильтрации, что останавливает протечку. К таким материалам предъявляются требования по обеспечению упруго-прочностных характеристик, стойкости к атмосферным воздействиям, а главное, высокой степени набухания[1].

В процессе разработки современных эластомерных материалов используются различные типы и марки каучуков, модифицирующие системы полифункционального действия, различные технологические добавки и т.д., что требует обширных знаний о сырье, используемом в резиновой промышленности и производстве полимерсодержащих композиций[2].

Разработаны составы набухающих эластомерных композиций на основе полиакриламида (ПА) и бутадиен-стирольного каучука[3]. Содержание ПА составило 80 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Ранее установлено, что при введении ПА более 20 мас.ч. в течение 24 ч испытаний в приповерхностных слоях образцов наблюдается резкое набухание, приводящее к разрушению невулканизованных образцов. Поэтому потребовалось обоснование выбора режимов вулканизации, обеспечивающих с одной стороны - высокую степень набухания, с другой - целостность и прочность образцов. Для обеспечения высокой степени набухания ВЭК необходимо использовать мягкие режимы вулканизации, поэтому была выбрана минимальная температура для серной вулканизирующей группы - 115 °С.

Производилась вулканизация без давления в термостате образцов в виде шайб диаметром 50 мм и толщиной 6 мм. Исследовалось влияние типов ускорителя вулканизации, таких как дибензотиазолдисульфид (альтакс), тетраметилтиурамдисульфид (тиурам), 2-меркаптобензотиазол (каптакс), на водонабухающие свойства ВЭК при выбранной температуре.

Оценивали степень набухания образцов в воде по изменению их массы по формуле:  $\alpha = (m - m_0) / m_0 \cdot 100\%$ . Данные представлены на рисунке.



**Рисунок –Зависимость степени набухания ВЭЖ от типа ускорителя вулканизации: 1-альтакс, 2-тиурам, 3-каптакс. Режим вулканизации 115 °С, 60 мин**

Установлено, что наибольшей степенью набухания обладают образцы с ускорителем вулканизации альтакс – до 610 %, однако, данные образцы стали иметь шероховатую поверхность и дефекты после 120 ч испытаний. Требуется корректировка режима вулканизации. Композиции с тиурамом и каптаксом показали близкие значения степени набухания по истечении 672 ч испытаний – 305% и 270 % соответственно, при сохранении целостности образцов.

Таким образом, изучено влияние нескольких типов вулканизирующих систем на кинетику набухания ВЭЖ. Разработаны рецептуры ВЭЖ, обеспечивающие требуемую высокую степень набухания более 200%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полимеры в строительстве: Учеб. пособие для вузов/ С.А. Мальбиев, В.К Горшков, П. Б. Разговоров. – М.: Высш. шк., 2008. – 456 с.: ил.
2. Сырье и рецептуростроение в производстве эластомеров: учеб. пособие / И. А. Осошник, Ю. Ф. Шутилин, О. В. Карманова, Д. Н. Серегин; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж : ВГТА, 2011. - 332 с.
3. Karmanova O.V., Moskalev A.S., Tikhomirov S.G., Shutilin Yu. F. The composition and technological aspects of obtaining water-swelling elastomeric materials // Advanced Materials & Technologies. 2019. №1. С. 45-48.

магистрант Е.В. Кочеткова  
Науч. рук. доц. Е.А. Рудыка  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и  
техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕН- НОСТИ**

Потребность человека в пище является главным условием его существования. При этом необходимо учитывать то, что пищевые предприятия нередко наносят значительный вред среде обитания и служат источником опасности для сотрудников предприятия и окружающего населения. Производственная деятельность предприятий молочной промышленности приводит к негативным воздействиям на атмосферный воздух, сбросу сточных вод, а также образованию отходов.

Важной проблемой отрасли является образование большого количества загрязненных сточных вод. Воду на предприятиях отрасли широко используют для мойки технологического оборудования, трубопроводов, тары, мытья полов, панелей, производственных помещений, охлаждения молока и молочных продуктов, для работы паросиловых установок, а также для хозяйственно бытовых нужд. Наиболее загрязненными являются сточные воды, поступающие из цельномолочного цеха, а также площадки мойки машин по перевозке молока [1]. Для сбросов молочной промышленности характерно наличие большой доли биоразлагаемых органических соединений, а также взвешенных частиц.

Серьезной проблемой отрасли в настоящее время является образование органических отходов. В первую очередь это связано с особенностями происходящих технологических процессов. Обезжиренное молоко, пахта и молочная сыворотка обязательно образуются при сепарировании молока, производстве сливочного масла и творога [2].

Пахта и сыворотка, входящие в состав сточных вод, убивают микроорганизмы, которые применяются на сооружениях биологической очистки воды. Резкое окисление органических соединений вызывает неприятный запах, от которого страдают жители близлежащих населенных пунктов.

Установлено, что органические отходы являются ценными вторичными ресурсами отрасли. В молочную сыворотку при проведении производственного процесса переходит большое количество полезных

веществ. После отделения от основного продукта в сыворотке определяется 15...25% белков, до 95% лактозы, а также практически все микроэлементы и большая часть витаминов, содержащихся в молоке. При этом ранее она почти полностью была использована в качестве корма сельскохозяйственным животным.

Одним из компонентов сточных вод предприятий молочной промышленности является молочная кислота. Молочная кислота имеет достаточно широкий спектр применения и может быть использована в пищевой промышленности, медицине, ветеринарии, а также для решения разного рода технических задач. А сейчас она нередко поступает на локальные очистные сооружения или сбрасывается в городскую канализацию. Все это подтверждает актуальность решения проблемы переработки отходов предприятий пищевой промышленности [3, 4].

Для достижения поставленной цели был проведен качественный анализ стоков на крупных предприятиях молочной промышленности, определены основные загрязняющие вещества, выявлены источники их появления.

Одним из наиболее перспективных направлений промышленного использования сыворотки является биосинтез.

Анализ сложившейся ситуации, показывает, что наиболее актуальными в настоящее время являются исследования, которые могут привести к безотходному использованию молочного сырья. Это невозможно без модернизации и создания нового технологического оборудования, разработки эффективных способов очистки, решении проблемы энергосбережения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кунижев С.М., Шуваев В.А. Новые технологии в производстве молочных продуктов. - М.: ДеЛи принт, 2004. - 203 с.
2. Пронина О.В., Полянский К.К. Современное состояние переработки молочной сыворотки // Инновации в науке: сб. ст. по матер. XLVII междунар. науч.-практ. конф. № 7(44). – Новосибирск: СибАК, 2015.
3. Смольникова В.В., Емельянов С.А. Перспективы использования молочной сыворотки // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 10. – С. 89-89;
4. Храпцов А.Г., Павлов В.А. и др. Переработка и использование молочной сыворотки: технологическая тетрадь. М.: Росагропромиздат, 1989, -271 с.

магистрант Е.В. Демихова  
Науч. рук. доц. Е.А. Рудыка  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПРИ СУШКЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Предприятия молочной промышленности является источником воздействия на атмосферный воздух. Основными источниками загрязнения воздушной среды в первую очередь являются производство сухого молока и молочных продуктов, жестянобаночный цех, производство казеина, производство мороженого, а также сыродельное производство [1].

К основным загрязняющим веществам можно отнести пищевые и непищевые пыли, летучие органические соединения и продукты горения. Особый интерес представляют пылевидные продукты соответствующих производств.

Воздействие пылевых выбросов зависит от их агрессивности, химического состава частиц и их дисперсности. Особенно опасными для здоровья человека являются мелкодисперсные частицы, размером не более 5 мкм. Опасность состоит в том, что они не задерживаются в верхних дыхательных путях. Частицы попадают в организм человека, нанося вред органам дыхания. Проблема пылеуноса имеет также важное экономическое значение, поскольку увеличивает потери готового продукта на стадии распылительной сушки. При этом, величина уноса пищевого продукта с отработанным воздухом может достигать значительных размеров благодаря несовершенству методов и аппаратов очистки. Основным мероприятием по защите атмосферы от промышленных выбросов является применение технических средств. Важно, что выбор необходимой системы очистки тесно связан с физико-химическими характеристиками промышленных выбросов. Анализ литературных источников показывает, что в настоящее время проводится работа по разработке высокоэффективных пылеулавливающих устройств, учитывающих особенности конкретного производства [1, 3].

В процессе работы, нами выявлялись места пылевыделения в основных производственных помещениях предприятий молочной промышленности, определялись параметры отработанного теплоносителя используемых сушилок, анализировались физические и струк-

турно-механические свойства полученного продукта, а также определялась эффективность работы существующих на предприятиях средств очистки.

Было установлено, что при сушке молока, сыворотки, лактозы мелкодисперсная фракция пылей составляет значительную часть. Более половины массы данной пыли содержит частицы менее 10 мкм. Исследуемые пищевые пыли характеризуются также малой плотностью, а также высокой смачиваемостью и слипаемостью.

Полученные характеристики пыли могут служить материалом, позволяющим оценить степень опасности в санитарно-гигиеническом отношении того или иного технологического процесса, и являются исходными данными для расчета эффективности действующего очистного оборудования и проектирования нового.

Установлено, что при эксплуатации сушильного оборудования в отраслях пищевой промышленности, хорошие результаты достигаются при использовании двухступенчатой схемы очистки воздуха. В качестве первой ступени очистки, как правило, используются аппараты сухой очистки выбросов, а в качестве второй ступени фильтры или мокрые пылеуловители [2].

Известно, что простота конструкции циклонных аппаратов обеспечивает их надежность, удобство эксплуатации и невысокую стоимость. Однако, эффективность очистки отработанного теплоносителя в этих аппаратах в значительной степени зависит от дисперсного состава пыли. При этом эффект улавливания частиц размером менее 10 мкм сухими пылеуловителями является недостаточным.

Из вышесказанного можно сделать вывод о недостаточной для предприятий отрасли эффективности очистки отработанного воздуха от пыли данного дисперсного состава и необходимости разработки более совершенной системы очистки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев В.П., Цыцура А.А., Буянов А.Д. Комплексное обеспыливание промышленных предприятий [Текст] / Журавлев В.П., Цыцура А.А., Буянов А.Д. –М.: Книга. - 1994.
2. Рудыка Е.А., Батурина Е.В., Семенихин О.А., Матющенко И.Н. Модернизация аппаратов очистки отработанного воздуха в пищевой промышленности. / Вестник Воронежского технического университета, том 6, № 8, 2010. – с. 40-42.
3. Швыдкий В.С., Ладигичев М.Г. Очистка газов: Справочное издание. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 640 с.

## ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВ

Экстракты из природного растительного сырья пользуются большим спросом и конкурентоспособностью на рынке. Имеют широкую область применения: в пищевой, химической промышленности, в фармакологии и косметологии.

Экстракты, полученные из термообработанного растительного сырья и смесей сырья (крапивы двудомной и цветков календулы и зверобоя), которые обладают антиоксидантными, омолаживающими и ранозаживляющими свойствами. Внешний вид экстрактов – прозрачные, окрашенные жидкости. Содержат биологически активные вещества: каротиноиды (ксантофиллы), антоцианы, флавоноиды, витамины А, С, Е, органические кислоты.

Полученные экстракты с биологически активными соединениями анализировали спектрофотометрическим методом на приборе СФ – 56 в течение 5 месяцев. Изменения спектральных характеристик смесевых БАВ при хранении образцов этанольных экстрактов представлены на рисунках 1 и 2.

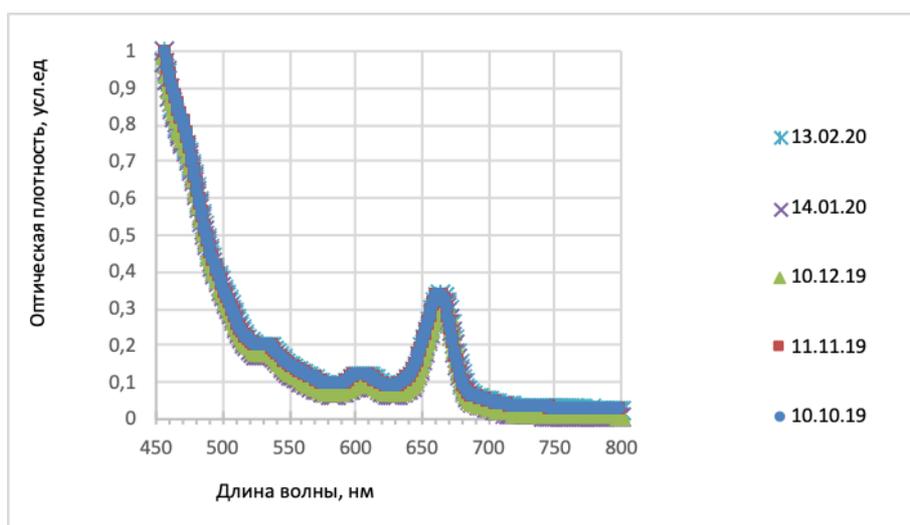
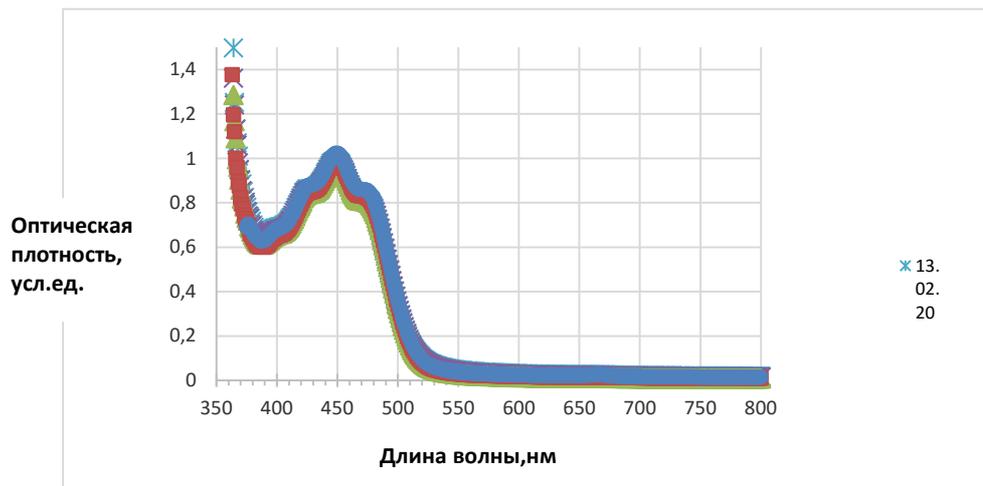


Рисунок 1 – Спектральные характеристики этанольного экстракта смеси крапивы двудомной и цветков календулы



**Рисунок 2 – Спектральные характеристики этанольного экстракта смеси цветов зверобоя и календулы**

В результате проведенных исследований установлено, что оптимальными условиями экстрагирования БАС из растительной смеси являются: 80% этанол для извлечения каротиноидов и флавоноидов при комнатной температуре, соотношение сырье:экстрагент – 1:(10–12), степень измельчения сырья – 0,5–2,0 мм.

Как видно из приведенных графиков, в полученных смесевых экстрактах присутствуют биологически активные соединения: окисленные формы каротиноидов - ксантофиллы, это можно наблюдать по пикам при длинах волн 423, 440-450, 470-473 нм; а также антоцианы и флавоноиды в этанольном экстракте смеси плодов боярышника и цветков календулы, о чем свидетельствуют пики в диапазоне длин волн 534, 605 и 663 нм. Изучение спектральных характеристик показало, что сохранность пигментов стабильна на протяжении всего срока хранения экстрактов.

В дальнейшем экстракты с БАС растительного сырья планируется использовать для получения новых фармацевтических препаратов с целью увеличения их лечебной способности, как противаминноактивное, антиоксидантное, ранозаживляющее средство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комарова Е.В, Болотов В.М., П.Н.Саввин Получение антоциановых и каротиноидных соединений из растительного сырья и применение их для повышения антиоксидантной активности продуктов питания. Теоретические и практические вопросы интеграции химической науки, технологии и образования: материалы конференции. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2017.- С. 43-50.

магистрант В. Ю. Сенькин  
Науч. рук. доц. Е. В. Батурина  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техносферной безопасности, ВГУИТ)

## ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основным отходом при производстве пива является пивная дробина. Пивная дробина представляет собой гущу светло-коричневого цвета со специфическим запахом и вкусом ячменного солода.

Ежегодно в России на пивоваренных заводах «производится» свыше 14 млн пивной дробины и на всех стадиях технологического процесса образуется большое количество различных отходов: дробленый солод, пыль, шелуха, промывная вода, остаточные пивные дрожжи и др. отходы [1]. Основной массой отходов является пивная или солодовая дробина. На каждые 1000 т. произведенного пива приходится приблизительно от 137 до 173 т. твердых отходов в виде дробины, осадка, отработавших дрожжей и диатомита.

С 2003г. на пивоваренных заводах компании «Балтика» используют мощные системы переработки сырой дробины. Ежедневно предприятие вырабатывает более 100 т. Сухого продукта [3].

Существуют различные проблемы переработки и утилизации дробины пивной представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Существующие проблемы переработки и утилизации пивной дробины

Существующая технология переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку осуществляют при использовании сепараторов.

В состав сухого вещества пивной дробины входит протеин - 15%, что в 3 раза превышает его содержание в свежем ячмене. В состав дробины входит: микроэлементы, витамины группы В. Это делает ее отличной кормовой добавкой к рациону КРС и свиней., а также ее можно использовать и для приготовления муки, которую используют в приготовлении продуктов питания.

После завершения процесса сепарации сохраняется нужная энергетическая ценность кормов: 1 кг продукта содержит более 5 % протеина, 4 % клетчатки соответствует 2 кг свежего сена.

Вторичный продукт, получаемый после переработки пивной дробины, позволит снизить расход муки, а также снизить стоимость продуктов питания, одновременно с этим снижая издержки на утилизацию отходов и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доронина А. С., Лиходумова М. А., Прохасько Л. С. Актуальные решения утилизации отходов пивоваренной промышленности // Молодой ученый. — 2014. — №9. — С. 133-135. — URL <https://moluch.ru/archive/68/11511/> (дата обращения: 30.03.2020).

2. Зуева, Н.В. Сравнительный анализ технологий по утилизации отходов на спиртовых и пивоваренных заводах [Текст] / Н. В. Зуева, А. Н. Долгов, Г. В. Агафонов // Материалы Международной научно-практической конференции "Перспективы развития науки и образования" в 7 частях. Ч. 4. – М., 2013.

3. Электронный ресурс. Режим доступа — URL [http://www.ecostar.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=65&Itemid=46](http://www.ecostar.by/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=46). (дата обращения: 30.03.2020).

магистрант Ю. В. Добренькая  
Науч. рук. доц. Е. В. Батурина  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и  
техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ**

Молочная или 2-гидроксипропионовая кислота относится к альфа-гидроксикислотам. Она широко используется в фармацевтической, текстильной кожевенной и химическая промышленности.

В природных водах молочная кислота в микрограммовых концентрациях присутствует в результате образования в процессах жизнедеятельности и посмертного разложения водных организмов и биохимической трансформации содержащихся в воде органических веществ [1]. Она находится в воде преимущественно в растворенном состоянии в виде ионов и недиссоциированных молекул, количественное соотношение между которыми определяется константой диссоциации и зависит от pH среды. Молочная кислота частично мигрирует в виде комплексных соединений с тяжелыми металлами.

Молочная кислота в незагрязненных поверхностных водах обнаруживалась в концентрациях от 0,1 до 0,4 мкг·экв/дм<sup>3</sup>.

Молочная промышленность является одним из источников загрязнения окружающей среды, причем отходы молочной промышленности представляют серьезную опасность для окружающей среды.

Кислая среда сыворотки убивает микроорганизмы, которые применяются на сооружениях биологической очистки воды. Резкое окисление органических соединений вызывает неприятный запах, от которого страдают жители близлежащих населенных пунктов. Кроме того, это удар по биоразнообразию водоемов.

Также присутствует и экономический ущерб. Сыворотка является ценным белковым сырьем, которого сегодня нам не хватает. И сбрасывать его в канализацию или на поля фильтрации - это преступление. Ставится задача -- перерабатывать молочные отходы на сто процентов.

Существует несколько методов выделения молочной кислоты из сыворотки.

Сорбция активными углями (АС) характеризуется ограничениями – низкой механической прочностью, каталитической

активностью, сложностью десорбции сорбата с их поверхности и низкими значениями величин предельной сорбции.

Изучив влияние расхода адсорбентов и исходной концентрации молочной кислоты на степень очистки водных растворов. Показано, что адсорбция молочной кислоты существенно выше на буроугольном адсорбенте, чем на адсорбенте из древесного сырья.

Рассмотрена многоступенчатая схема адсорбционной очистки водных растворов от молочной кислоты, обеспечивающая высокую степень очистки (90-95%), а также позволяющая существенно снизить (в 2-3 раза) расход углеродных адсорбентов.

Электродиализ – это процесс переноса ионов через мембрану под действием электрического поля, приложенного к мембране. Данный способ получения молочной кислоты позволяет сократить продолжительность обработки ферментированной сыворотки без перегрева и выделить молочную кислоту в ситом виде, а не лактаты, получать L(+)-форму молочной кислоты при оптимальных режимах.

В последние годы широко применяется твердофазная экстракция (сорбционное концентрирование). В качестве твердой фазы перспективно применение пенополиуретанов (ППУ) – сорбентов с мембраноподобной структурой на основе простых и сложных эфиров, а также их сополимеров.

Эффективность применения пенополиуретана повышается при импрегнировании их экстрагентами, хорошо зарекомендовавшими себя в жидкостной экстракции.

Осаждение – это образование твердого осадка в растворе в ходе химической реакции [1]. Способ заключается в выращивании молочно-кислых бактерий *Lactobacillus delbrückii* до максимального накопления целевого продукта, сброженного раствора карбонатом кальция, нагревании его до 65 – 67°C, введении активной кремневой кислоты в количестве 60 80 мг/л, удалении образовавшегося осадка центрифугированием при факторе разделения 3500 – 4500, омагничивании надосадочной жидкости в поле с магнитной индукцией 0,01 – 0,15 Тл, добавлении серной кислоты до полного разложения лактата кальция и фильтровании молочной кислоты на вакуум-фильтре.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мишуков, Б. Г. Очистка сточных вод молокоперерабатывающих предприятий / Б.Г. Мишуков // Сборник научных трудов ЛИСИ. – 2005. – № 47. - С.123 – 128.

Науч. рук. проф. В.М. Болотов (кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ)

## ПОЛУЧЕНИЕ И ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АММИАЧНО-СУЛЬФИТНЫХ САХАРНЫХ КОЛЕРОВ

Аммиачно-сульфитный сахарный колер (E150d) получают при нагревании концентрированных растворов углеводов в присутствии аммиачных и сульфитных солей, способствующих протеканию реакции меланоидинообразования [1,2].

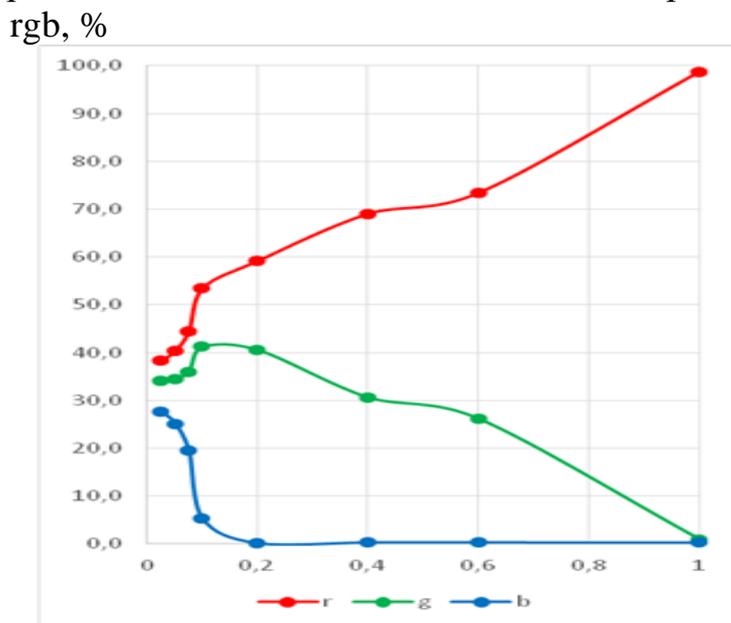
Меланоидины придают сахарному колеру наиболее интенсивную окраску, а поэтому краситель E150d является самым темным из данного класса и имеет наиболее высокую микробиологическую стабильность. Краситель используют при производстве пива, безалкогольных напитков и некоторых других продуктов питания. Для получения сахарного колера E150d из сахарозы и глюкозо-фруктозного сиропа нами использовались такие соли как карбонат и сульфат аммония, а также сульфит натрия в различных количествах. Проведенные исследования показали, что аммиачно-сульфитный сахарный колер с более высоким содержанием красящих веществ образуется из глюкозо-фруктозного сиропа с содержанием сухих веществ 70% (табл.). Цветометрические характеристики сахарного колера E150d определяли сканированием цвета и последующей компьютерной обработкой окраски в цветовом режиме RGB.

Растворы помещали в оптические кюветы с толщиной поглощающего слоя 10,0 мм и сканировали с помощью специальной приставки.

**Таблица 1 – Основные физические показатели колера E150d**

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя	
		колер из сахарозы	колер из сиропа
1	Внешний вид и цвет	Жидкость темно-шоколадного цвета	Жидкость черно-шоколадного цвета
2	Запах и вкус	Обладает горьким вкусом и запахом жженого сахара	Обладает горьким вкусом и запахом жженого сахара
3	Содержание сухих веществ, %	82	83
4	Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,30	1,32
5	Оптическая плотность при длине волны 610 нм в кювете толщиной 10 мм 0,1 % раствора сахарного колера	0,05	0,22

Образцы растворов колеров готовили методом разбавления. Результаты цветометрической оценки окраски сахарных колеров из сахарозы и сиропа представлены на рисунке 1. Сравнение цветометрических характеристик различных типов сахарных колеров показывают на их отличие не только в характере изменений rgb-компонентов, но и в концентрациях пигментов в точках изменения окраски.



φ, %

**Рисунок 1 – Цветометрические rgb – характеристики растворов сахарного колера E150d, полученного из глюкозо-фруктозного сиропа при различной доли (φ, %) красителя**

Таким образом, разработаны условия получения аммиачно-сульфитного сахарного колера из концентрированного глюкозо-фруктозного сиропа и изучены его основные физические и цветометрические характеристики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков, А. С. Пищевые добавки [Текст] / А. С. Булгаков // Справочник. – М. : Де Ли принт, 2003. – 436 с.
2. Болотов, В. М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение [Текст] / В. М. Болотов, А. П. Нечаев, Л. А. Сарфанова. – СПб. : ГИОРД, 2008. – 240 с.

студ. Н.Н. Емельянова  
Науч. рук. проф. В.М. Болотов  
(кафедра технологии органических соединений,  
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **ВЫДЕЛЕНИЕ НИКОТИНА ИЗ РАЗЛИЧНОГО НИКОТИНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

На сегодняшний день растёт всё больший интерес к алкалоидам как к веществам, обладающим выраженной физиологической активностью. В связи с этим никотин находит широкое распространение в качестве препарата заместительной терапии табачной зависимости, а также в табачном производстве.

Современные производители табачной продукции (сигарет) с целью экономии природного табачного сырья, пропитывают сигаретную бумагу никотином, что даёт возможность использовать меньшее количество табака.

Российский рынок никотина является зависимым от поставок со стороны иностранных фирм и широко представлен китайским производителем.

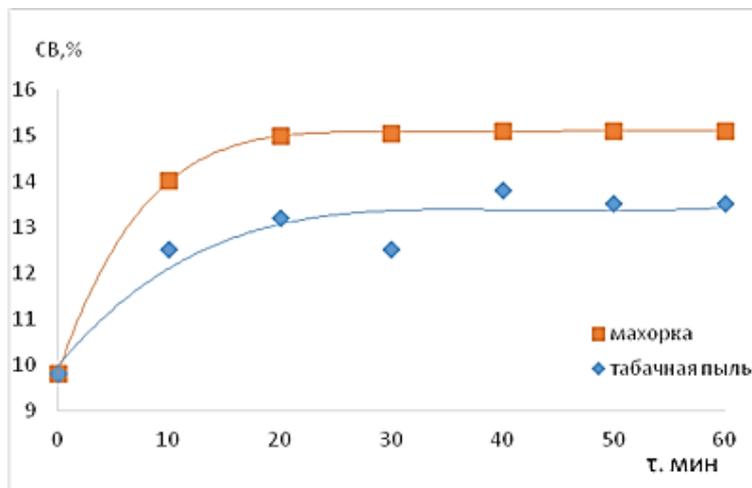
Основным недостатком никотина китайского производства является то, что для его получения используются растворители на основе многоатомных спиртов (глицерин, пропиленгликоль) присутствие которых наблюдается в конечном продукте. Известно, что при температурном воздействии происходит термическое разложение пропиленгликоля и глицерина, сопровождаемое выделением некоторых количеств токсичных акролеина и формальдегида, а также рядом других соединений, которые могут иметь потенциальную опасность.

Данная работа посвящена разработке методики выделения никотина без использования вредных растворителей для здоровья организма.

В качестве никотинсодержащего сырья использовались отходы табачного производства (табачная пыль) и махорка (*Nicotiana glauca*).

Для выделения никотина сырьё загружали в круглодонную трёхгорлую колбу и экстрагировали двунонормальной соляной кислотой при постоянном перемешивании (температура комнатная). Параллельно производился периодический отбор проб экстракта на измерение содержания сухих веществ рефрактометрическим методом. Экстрагирование никотина в виде аммонийной соли из табачной пыли завершилось при 13,5%, а махорки – 15,1% содержания сухих веществ в

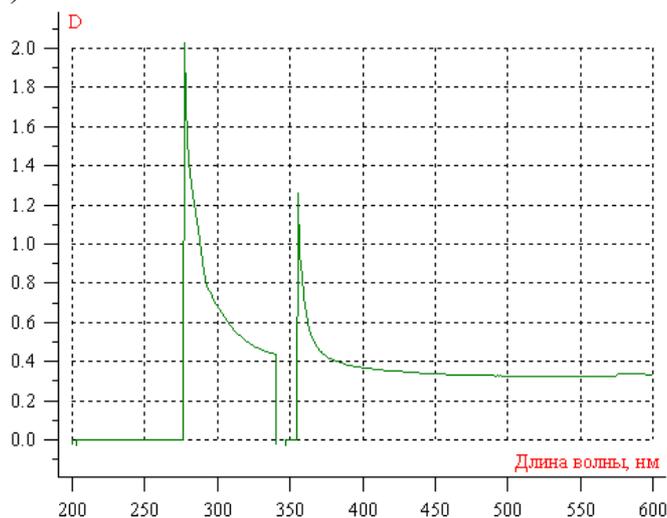
составе экстракта (рис.1). Таким образом видно, что лучше и быстрее экстрагируется гидрохлорид никотина из махорки.



**Рисунок 1 - Содержание сухих веществ в составе экстрактов**

Полученный экстракт подщелачивали с целью перевода содержащейся в нём соли никотина в свободное основание, после чего экстрагировали неполярным органическим растворителем. Растворитель отгоняли и получали маслянистоподобную жидкость соломенного цвета с характерным резким запахом. Экспериментом было показано, что лучше всего никотин извлекается из махорки с выходом около 10 % по отношению к массе сухого сырья.

Идентификацию никотина проводили спектрофотометрическим методом (рис.2).



**Рисунок 2 - Электронный спектр поглощения раствора никотина**

Таким образом, исследован способ выделения чистого никотина из некоторых видов растительного сырья.

УДК 66. 013

студ. Е.Д. Хлабыстов, Ю.В. Яровая, А.И. Семерунчик  
Науч. рук. проф. В.А. Седых (кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **ЭЛЕМЕНТЫ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ**

Российская промышленность в технологии переработки отходов отстает по причинам неполного сбора, многокомпонентности пластиковых отходов, их выборочного разделения и, как следствие, ограниченности ассортимента получаемой вторичной продукции.

Сложились предпосылки использования технологии экономики замкнутого цикла для достижения экономического роста, внедрения инновации и уменьшения пагубного влияния на окружающую среду. Это высокий потенциал переработки вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТФ), полиэтилена (ПЭ) и невозможность увеличения производства ПЭТФ упаковки без повышения степени переработки его отходов. В связи с этим необходимо модернизировать переработку пластика с учётом всех вышеуказанных факторов.

С целью решения задачи повышения степени утилизации полимерных отходов ПЭТФ, на примере организации производств в Центрально-черноземном регионе, сопоставляли химические и механические методы переработки ПЭТФ.

Сопоставив предложенные методы переработки ПЭТФ по таким факторам как экологичность, экономическая выгода, доступности оборудования и технологии, качества получаемой продукции, предпочтение отдано варианту локально-централизованной комплексной механической переработки, завершающейся твердофазной дополимеризацией [1].

Рассмотрены локальные схемы переработки смешанных полимерных отходов ЦЧР (Воронеж, Липецк, Белгород и др.). Первоначально отходы упаковки сортируют по цвету, форме и размеру с помощью фотодатчиков и программы распознавания формы. Бутылки нетипичных размеров и цветов утилизируют по месту сортировки. Для этого упаковку ориентируют, формуют и запечатывают полиэтиленовыми листами в плиты. Далее полученные плиты подвергают стерилизации с помощью электронной пушки. В результате получают утеплители заполнения полостей стен по аналогии с плитами вспененного полистирола.

Прозрачные и одноцветные ПЭТФ отходы дробят и подвергают барабанной, магнитной и электростатической сепарации. Затем следу-

ет щелочная мойка и промывка чистой водой. Избыток загрязненной щелочной воды, направляют в локальные очистные сооружения, где щелочь нейтрализуют, а бумажные волокна этикеток и жировые загрязнения с помощью флокулянта отделяют от воды, отжимают, сушат и в дальнейшем перерабатывают в гумус для сельского хозяйства. Осветленную воду выводят в канализацию.

Далее дробленный ПЭ и ПЭТФ разделяют отстоем по плотности с последующей сушкой. Измельченный ПЭ продают в качестве товарной продукции.

Смесь измельченного ПЭТФ и ПВХ с большей плотностью обрабатывают парами растворителя - циклогексанона. Образующийся раствор ПВХ в циклогексаноне используют в производствах клеев или искусственных кож.

Очищенный от ПВХ флекс ПЭТФ, сушат азотом и упаковывают в биг-беги. Затем прозрачный и одноцветный флекс транспортируют для централизованной переработки на ближайшие предприятия по производству ПЭТФ - «ПОЛИЭФ» (Башкортастан).

Централизованная переработка и утилизация прозрачной и одноцветной флексы на АО «ПОЛИЭФ» предусматривает плавление в мультишнековом экструдере повышенной единичной мощности, досушку в зонах дегазации под глубоким вакуумом с привлечением вакуумного системы предприятия.

Гомогенизированный расплав фильтруют, гранулируют, подвергают частичной кристаллизации и твердофазной дополимеризации. В итоге получают гранулят ПЭТФ первого, второго сорта. Полученный вторичный ПЭТФ пригоден для получения волокон, геосетки, магнитных лент и др. продукции.

Таким образом, предложена принципиальная схема малоотходной технологии переработки смешанных пластиков с привлечением отечественного оборудования и элементной базы. Сбалансировано сочетание локальной и централизованной переработки полимерных отходов. Предложены многовариантные решения по использованию получаемых вторичных ПЭТФ, ПЭ и ПВХ за счет расширения ассортимента товаров. Предусмотрено использование оборудования с большой единичной мощностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Керницкий, В.И. Краткие основы производства и переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ) / В.И. Керницкий, А. К. Микитаев // - М.: Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 208с.

УДК 665.71:678.6

магистрант О.В. Боголепова<sup>1</sup>, студ. Я.В. Евдокимова<sup>2</sup>  
Науч. рук. проф. О.В. Карманова<sup>1</sup>,  
проф. И.П. Богомолова<sup>2</sup>.

(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техносферной безопасности<sup>1</sup>, кафедра управления,  
организации производства и отраслевой экономики<sup>2</sup>, ВГУИТ)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

Загрязнение окружающей среды пластиковым мусором подталкивает предприятия по производству полимеров и компании, занимающиеся переработкой отработанных изделий, к постоянным изменениям и инициативам, а также поиску новых решений использования вторичного сырья [1]. Существуют два основных источника полимерных отходов: отходы производства и отходы потребления, среди которых лидером по количеству является пластиковые бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТФ). По этой причине важным направлением на сегодняшний день является вторичная переработка отходов ПЭТФ путем внедрения рециклинга в основную технологию производства. Известно [2] существование производственных циклов, позволяющих переработать вторичное сырье и использовать в основном синтезе ПЭТФ. Однако данная система не позволяет полностью решить проблему с постоянно растущим количеством отходов. Требуется перераспределение сырья, поиск новых способов утилизации и переработки ресурсов.

Предлагается проект модернизации, включающий в себя полный рецикл и технические решения по оптимизации отдельных процессов. Цель разработки - помочь движению к циклической экономике, автоматизации рециклинга бытовых отходов.

Используются практически все виды отходов ПЭТФ независимо от степени загрязнения, так как предусмотрены различные варианты их переработки. После предварительного измельчения и сортировки по классам сырья направляется на химическую деструкцию для получения мономеров, в первую очередь – терефталевой кислоты, представляющей собой чистый дисперсный порошок, который далее можно использовать в производстве пищевой упаковки. Второй класс отходов перерабатывается во вторичную гранулу и пиролизное масло. Наиболее загрязненные отходы, которые невозможно подвергнуть очистке или деструкции можно использовать в качестве топлива для

получения энергии, частично позволяющей обеспечить работу производства.

Для оптимизации наиболее трудоемкого и энергозатратного процесса сортировки ПЭТФ предлагаем внедрить промышленного робота. Система распознавания робота построена на базе гиперспектральной (NIR) сканирующей камеры. Система распознает до 20 видов пластмасс по их химическому составу и цвету в процессе движения отходов по ленте конвейера.

Для оптимизации процесса сушки предлагаем использование влагопоглотительного осушителя для ПЭТФ. Подобные устройства отличаются от сушилок общего применения усиленными воздухоувлажнителями в связи с тем, что перерабатываемый материал имеет большую плотность, чем многие другие полимерные гранулы и требует большего расхода воздуха. Для сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу образующихся в процессе ректификации, предлагается применить установку для очистки газов методом озонирования.

Оценив основные риски и рассмотрев структуру затрат на внедряемые мероприятия, были рассчитаны такие показатели экономической эффективности, как срок окупаемости, чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности и индекс доходности. Величина представленных показателей (рис.) соответствует нормативным значениям, что свидетельствует об экономической привлекательности и целесообразности принятия решения о финансировании и реализации инновационного предложения.



Рисунок 1 - Техничко-экономические показатели модернизации производства ПЭТФ

Таким образом, технологическая модернизация позволяет использовать меньшее количество ресурсов, энергии для обеспечения процессов и сохранения экологической составляющей. Разумное распределение ресурсов позволит увеличить эффективность производства и создать безопасные условия труда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Осошник И.А., Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В. Производство резиновых технических изделий. Воронеж:ВГТА., 2007. – 972 с.
2. Ишалина О.В., Лакеев С.Н., Миннигулов Р.З., Майданова И.О. Анализ методов переработки отходов полиэтилентерефталата // Производство и использование эластомеров. – 2015. – № 3.

УДК 547.97

студ. Т.А. Гадамская, А.Р. Несмеянова

Науч. рук. проф. В.М. Болотов (кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техноферной безопасности, ВГУИТ)

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФИТНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ САХАРНЫХ КОЛЕРОВ**

Сахарные колеры получали термической обработкой глюкозо-фруктозного сиропа с добавлением в реакционную массу необходимого количества сульфита натрия.

Содержание красящих веществ сахарных колера и E150b определяли по стандартной методике измерением оптической плотности на фотоэлектроколориметре КФК-2 при длине волны 400 нм в кювете толщиной оптического слоя 10 мм водного раствора колера, приготовленного из 0,2 г колера в 250 мл раствора.

Спектральные характеристики растворов колеров изучали, записывая спектры поглощения пигментов на спектрофотометре СФ-56 (ЛОМО, Россия) в кварцевых кюветах с толщиной оптического слоя 10 мм.

Численные характеристики окраски исследуемых образцов определяли сканерометрическим методом с использованием планшетного сканера HP ScanJet 3570C с применением компьютерной обработки изображений в цветовом режиме RGB [1].

Представленные в таблице основные физические показатели сахарного колера E150b, полученного на основе глюкозо-фруктозного сиропа, показывают более интенсивную окраску сульфитного сахарного колера по отношению к обычному сахарному колеру E150a, полученного из аналогичного сырья (табл.).

Усиление окраски связано с более интенсивной скоростью протекания реакций кротеновой конденсации альдегидных форм углеводов из-за увеличения щелочности водного раствора за счет гидролиза сульфита натрия.

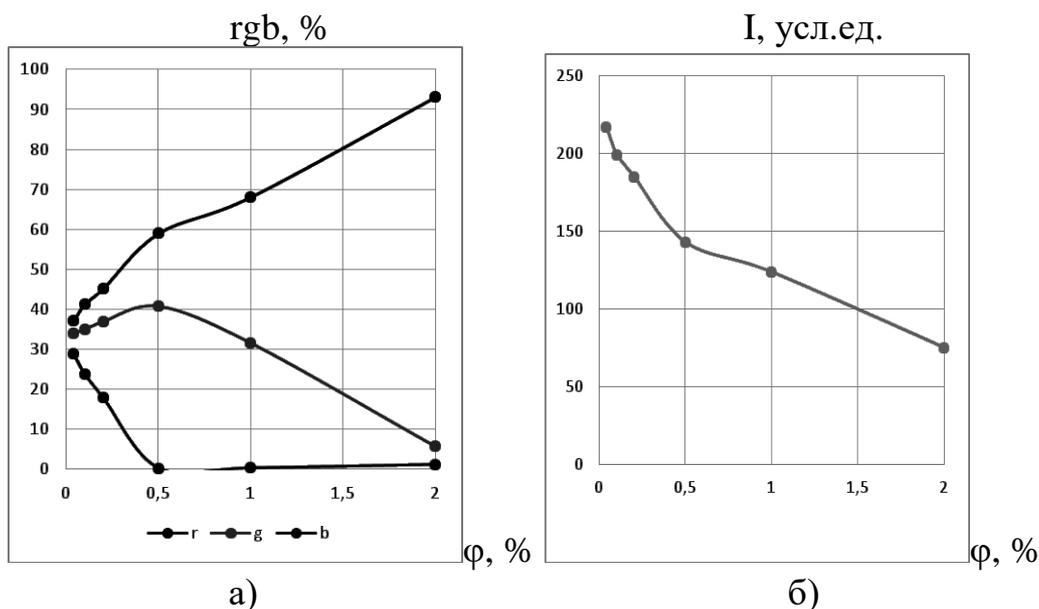
Цветометрические характеристики сульфитного сахарного колера из глюкозо-фруктозного сиропа представлены на рис.

Для расширения цветовой палитры пищевых сахарных красителей нами проведена работа по изучению спектральных характеристик композиционных колорантов, получаемых смешением растворов сахарного колера желтого цвета с красным антоциановым красителем, получаемым экстрагированием пигментов из лепестков красной розы.

Разбавленный сахарный колер и разбавленный экстракт антоцианового красителя смешивали в разных пропорциях для получения различных оттенков.

**Таблица 1 - Основные характеристики сахарных колеров**

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателей	
		150a	150b
1	Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,40	1,38
2	Массовая доля сухого вещества, %	76,6	80,0
3	Содержание красящих веществ, оптическая единица плотности при $\lambda=400$ нм	0,06	0,10



**Рисунок 1 - Цветометрические rgb-характеристики (а) и интенсивности светлости окраски (I) (б) раствора сахарного колера E150b, полученного из глюкозо-фруктозного сиропа с добавлением сульфита натрия при различной доли (φ, %) красителя**

Представленные электронные спектры поглощения композиционных колорантов свидетельствуют о возможности изменения световых характеристик красителей при смешении растворов исследуемых красящих соединений.

Таким образом, определены условия получения композиционных сахаро-антоциановых пищевых красителей на основе безазотистых сахарных колеров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Суровцев, И.С. Информационные системы и цифровые технологии в аналитике и контроле биологически активных веществ [Текст] / И.С. Суровцев, Л.В. Рудакова, О.Б. Рудаков. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2013. –300 с.

УДК 678.7

магистрант Б.Ф. Кудревич, М.А. Кулигина  
Науч. рук. проф. О.В. Карманова  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и  
техносферной безопасности, ВГУИТ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОБЛУЧЕННЫХ БУТИЛОВЫХ РЕЗИН, ПОДВЕРГНУТЫХ МЕХАНООБРАБОТКЕ**

В настоящее время увеличивается производство и потребление полимеров. На одну из важнейших отраслей химического комплекса - шинную промышленность, приходится 75,7% бутилкаучука (БК). Свойства БК позволяют применять его для изготовления медицинских изделий, гидроизоляции, покрытий химической аппаратуры [1]. Под действием ионизирующего излучения резины на основе бутилкаучука подвергаются деструкции [2]. Для квалифицированного использования продуктов деструкции, необходимо знание особенностей изменения их структуры и свойств в ходе радиационной обработки.

Цель работы заключалась в оценке изменений структуры и свойств резин на основе БК в ходе обработки ионизирующим излучением и последующей механообработки.

В качестве объектов исследования выбраны резины на основе бутилкаучука БК-1675Н смоляной вулканизации. Резины обрабатывали ионизирующим излучением в диапазоне поглощенных доз 30-150 кГр, используя два типа источника излучения:(гамма-кванты и ускоренные электроны. Механообработку облученных резин проводили в камере пластикадера Vrabender при температуре 160 °С в течение 30 минут, скорость вращения роторов – 60 об/мин.

Изменение свойств резин в ходе облучения оценивали по показателям вязкости по Муни и остаточной плотности поперечных связей, которую определяли методом равновесного набухания в толуоле.

Установлено, что с увеличением дозы облучения ускоренными электронами наблюдается снижение вязкости с 280 ед. при 60 кГр до

62 ед. при 150 кГр. При обработке гамма-лучами вязкость по Муни изменилась с 260 ед. при 60 кГр до 52 ед. при 150 кГр. Таким образом, можно предположить, что влияние ионизирующего излучения на макромолекулы каучука и поперечные связи вулканизата более ярко выражено для ускоренных электронов по сравнению с гамма-квантами.

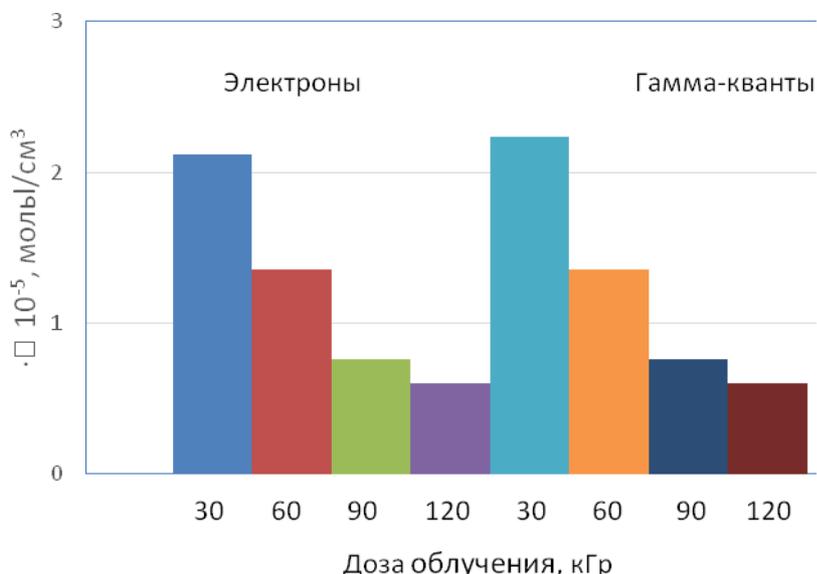
Степень деструкции поперечных связей вулканизатов в ходе облучения оценивали по плотности сшивки образцов ( $\nu$ , моль-см<sup>3</sup>):

$$\nu = \frac{\rho}{M_c}$$

$$\frac{1}{M_c} = -\frac{V_r + \chi \cdot V_r^2 + \ln(1 - V_r)}{\rho_r \cdot V_0 \cdot (V_r^{1/3} - 0,5 \cdot V_r)}$$

где  $V_r$  – объемная доля каучука в набухшем образце;  $V_0$  – объемная доля каучука в исходном образце;  $\chi$  – константа Хаггинса, равный 0,56 для данных условий эксперимента;  $\rho_r$ , – плотность каучука.

Установлено снижение плотности сшивки образцов в ходе облучения: с  $4,3 \cdot 10^{-5}$  моль/см<sup>3</sup> до  $0,9 \cdot 10^{-5}$  моль/см<sup>3</sup> для гамма-облучения; с  $3,8 \cdot 10^{-5}$  моль/см<sup>3</sup> до  $0,7 \cdot 10^{-5}$  моль/см<sup>3</sup> при обработке ускоренными электронами. Таким образом, при обработке ускоренными электронами деструкция пространственной сетки вулканизатов протекает более интенсивно.



**Рисунок 1 - Влияние температуры обработки на плотность сшивки облученных образцов**

Температура при механообработке мало влияет на деструкцию макромолекул и поперечных связей по сравнению с влиянием дозы облучения. Варьируя дозу облучения, а также осуществляя дополни-

тельную термомеханообработку можно регулировать степень деформации вулканизатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Осошник И.А., Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В. Производство резиновых технических изделий. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2007. – 972 с.
2. Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., Kayushnikov S.N., Shashok Zh.S., Polevoy P.S. Obtaining and using of reclaimed butyl rubber with the use of ionizing radiation // Radiation Physics and Chemistry. 2019. V.159. P.154–158.

УДК 665.71:678.6

магистрант Т.Е. Лынькова  
Науч.рук. проф. О.В. Карманова  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техносферной безопасности, ВГУИТ)

### **ПОЛУЧЕНИЕ ШУМОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПЕНОРЕЗИН**

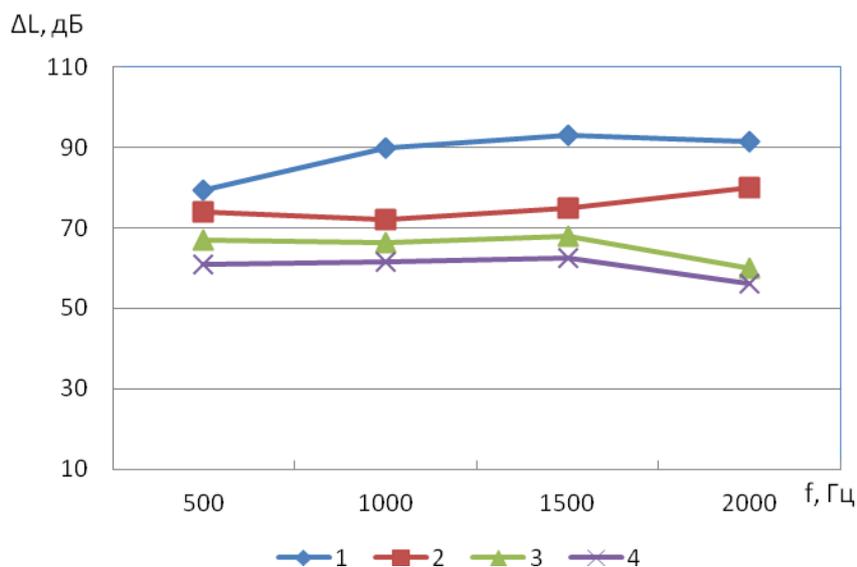
Проблема защиты от шума в промышленности чаще всего сводится к необходимости привести шум на рабочем месте к нормам [1]. Для достижения необходимых значений по шуму требуется осуществить целый ряд мероприятий. В частности, разработать эффективные покрытия трубопроводов, которые обладают шумоизоляционными свойствами. Перспективным направлением с точки зрения экологии является разработка подобных материалов с использованием отходов полимеров [2]. Эффективные звукопоглощающие материалы совмещают структурные признаки, противоположные друг другу [3]: звукопоглощение и звукоотражение, должны иметь минимальную плотность, максимальный объем сквозных пор и максимальную удельную площадь поверхности пор.

Целью данной работы явились исследования по совершенствованию технологии переработки полимерных отходов в звукоизоляционный композит.

Разработаны технические решения по созданию материала Руфоник-МИКС на основе отходов резин. Получали двухкомпонентный наполнитель в виде крошки: из вспененной резины на основе бутадиеннитрильного каучука (фракция - 5-15 мм) и отходов шинных резин (размер крошки - 2-3 мм). В композит вводили однокомпонентное полиуретановое связующее, отверждаемое влагой из воздуха. Полученные образцы шумоизоляции представляют собой пластины толщиной

19 мм. Композит Ру-фоник-СТ является шумоизолирующим и звукопоглощающим материалом, состоящим из двух слоев: 1 слой – вспененная резина на основе бутадиен-нитрильного каучука и 2 слой – резина повышенной плотности. В состав испытательного комплекса входят несколько элементов: звукоизолирующая конструкция (ЗИК) объемом 216 м<sup>3</sup>, звуковой генератор шума, источник звука, шумомер-анализатор.

Акустические испытания звукоизолирующих покрытий выполнены в лабораторных условиях с помощью источника шума SmartSensor. В ЗИК сначала измерялись уровни звукового давления (УЗД) без контура, то есть в свободном поле, затем создаваемые в контуре с звукоизолирующим покрытием Ру-фоник СТ и без неё, затем производили замер УЗД контура с шумоизолирующим покрытием Ру-фоник-МИКС. Результаты исследований представлены на рисунке.



**Рисунок 1 - Уровни звукового давления ( $\Delta L$ ), создаваемые источниками в ЗИК: 1 - открытый; 2 - контур; 3 - контур с Ру-фоник СТ; 4 - контур с Ру-фоник МИКС**

Анализ результатов показал, что без внутреннего звукопоглощающего покрытия эффективность контура низкая во всем диапазоне измеряемых частот. За счет установки внутреннего звукопоглощающего покрытия эффективность существенно возрастает в диапазоне от 1500 до 2000 Гц на 20-22 дБ.

Таким образом, показано что покрытия Ру-фоник-СТ и Ру-фоник-МИКС пригодны для защиты от шума в сложных акустических ситуациях, когда требуемое снижение шума достигает 20-22 дБ. Пла-

стины на основе материалов Ру-фоник-МИКС, изготовленные из крошки пористых резин и крошки отходов шин с полиуретановым связующим поглощают звук лучше.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Платонов М.М., Железина Г.Ф., Нестерова Т.А. Пористоволокнистые полимерные материалы для изготовления широкодиапазонных ЗПК и исследование их акустических свойств // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2014. № 6. [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=676](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=676).

2. Осошник И.А., Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В. Производство резиновых технических изделий. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2007. – 972 с.

3. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Л. Г. Осипов, В. Н. Бобылев, и др. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 450 с.

УДК 547.973 : 615.322.074

студ. Е.С. Пичугина

Науч. рук. доц. П.Н. Саввин

(кафедра технологии органических соединений,  
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ)

### **ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОКРАСКИ КАРОТИНОИДНО-АНТОЦИАНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ**

В современной науке изучение пигментов растений является одним из самых актуальных направлений в химии и биотехнологии. Это связано с тем, что природные биологически активные соединения имеют ряд неоспоримых преимуществ перед искусственно синтезированными субстанциями. К примеру, антоцианы (растительные гликозиды, обуславливающие красную, фиолетовую и синюю окраску некоторых растений) и каротиноиды (производные ликопина, обуславливающие желтую, желто-оранжевую и красную окраску некоторых растений) являются природными антиоксидантами.

Использование в современных продуктах питания и косметических средствах антоцианов и каротиноидов, извлеченных из растительного сырья, имеет особое значение: многочисленные клинические испытания убедительно доказали, что организм использует только те антиоксиданты, которые вырабатывает сам или получает из продуктов (антоцианы и каротиноиды), а синтетические антиоксиданты им не усваиваются.

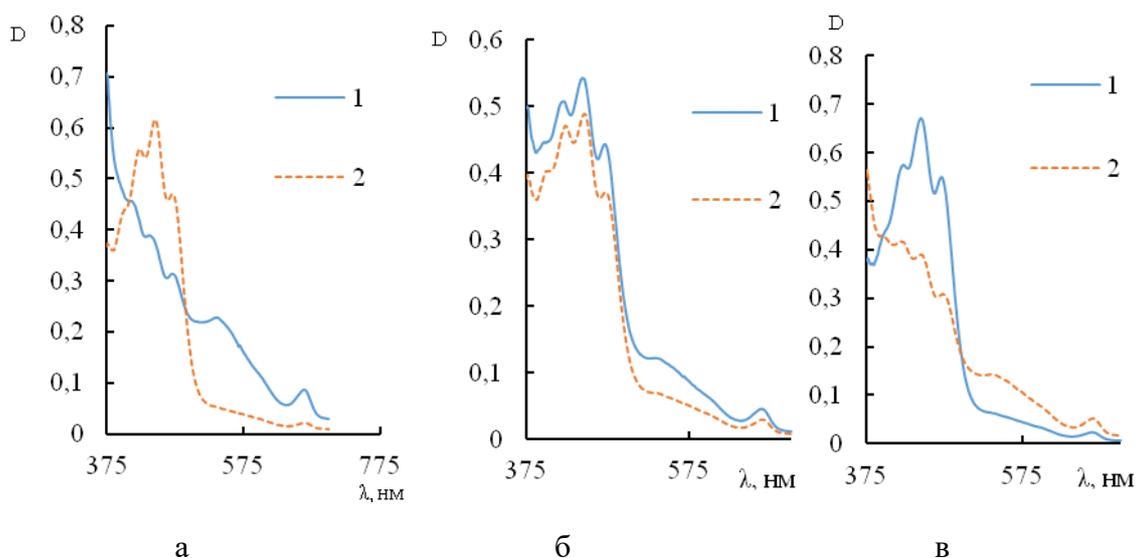
Целью работы было определение условия индивидуального и совместного выделения каротиноидных и антоциановых пигментов из отечественного растительного сырья.

В качестве источника пигментов выступали выжимки ягод ежевики (антоцианы) и плодов тыквы (каротиноиды).

Использованные методы оценки качества экстрактов:

- органолептический (визуальная оценка окраски);
- спектрофотометрический (величина оптической плотности  $D$  в видимом диапазоне длин волн);
- цветометрический (интенсивность окраски  $I$  и показатели нормированного цвета  $rgb$ , %).

Выделение пигментов проводили методом экстрагирования этиловым спиртом (96 % об.) при температурах 60 и 78 °С, варьируя время процесса от 15 до 60 минут (гидромодуль 1:30, кратность экстрагирования 1). В результате экспериментов индивидуального выделения каротиноидов и антоцианов рекомендуемыми условиями для их выделения являются  $\tau = 45$  мин,  $t = 78$  °С. При рекомендуемых условиях проводится анализ смесей каротиноидных и антоциановых экстрактов в пропорциях антоцианов к каротиноидам 3:1, 1:1, 1:3 и экстрактов смесей сырья в таких же пропорциях. Выделение смесей проводили двумя методами – смешивали готовые экстракты, варьируя объемной долей экстракта антоцианов в смеси, и проводили совместное экстрагирование, варьируя массовой долей антоцианосодержащего сырья. Результаты представлены на рисунке.



**Рисунок 1 – Спектральные характеристики экстрактов, полученных смешением (1) и совместным экстрагированием (2) с долей антоцианов: а – 25%, б – 50%, в – 75 %**

Выявлено, что наибольшее количество антоцианов выделяется при температуре кипения этилового спирта (78 °С) и при продолжительности экстрагирования 45 мин. При более дальнейшем экстрагировании (60 мин), антоцианы разрушались. Наибольшее количество каротиноидов выделяется при температуре кипения этилового спирта (78 °С) и при продолжительности экстрагирования 60 мин.

Установлено, что для получения смесевых каротиноидно-антоциановых экстрактов целесообразнее использовать метод смешивания готовых индивидуальных экстрактов. Это позволяет получать растворы более насыщенных цветов. Рекомендуемые параметры экстрагирования – 45 мин при 78 °С.

УДК 557.114:616-006

магистранты А.С. Сосницкая, В.А. Свечникова  
Науч. рук. проф. О.В. Карманова  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техноферной безопасности, ВГУИТ)

## **ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ ПВХ**

Эластичные детские игрушки изготавливают методом ротационного формования пластизоля на основе эмульсионного поливинилхлорида (ПВХ), пластифицированного диоктилфталатом [1]. Несмотря на проведенные широкие исследования по использованию ПВХ в этой области, актуальным является совершенствование рецептуры, а именно получение ПВХ-пластизолей, модифицированных натуральными маслами [2].

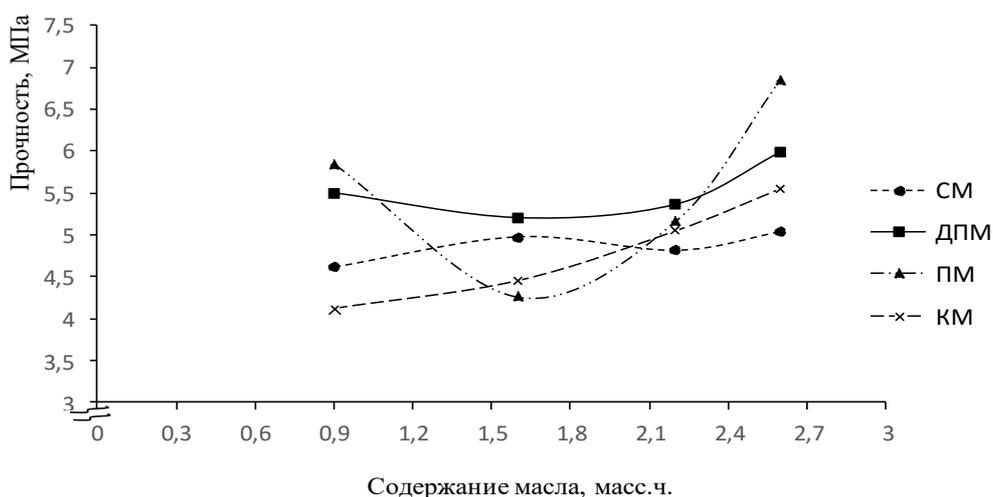
Объектами исследования являлись ПВХ-композиции, наполненные гидрофобизированным карбонатом кальция и содержащие следующие растительные масла: дезодорированное подсолнечное, кокосовое, пальмовое и соевое. Стандартная ПВХ-композиция, применяемая для производства игрушек, содержит: ПВХ эмульсионный, диоктилфталат, гидрофобизированный мел, эпоксицированное соевое масло, диоксид титана [3]. Данная композиция имеет следующие недостатки: ограниченный срок хранения, в связи с изменением вязкостных характеристик под воздействием температуры и высокую себестоимость за счет дороговизны импортного эпоксицированного соевого масла.

С целью оптимизации состава композиции эпоксицированное соевое масло, выполняющее функции стабилизатора и вторичного пластификатора, было заменено на масла: пальмовое, соевое, дезодо-

рированное подсолнечное и кокосовое. Проведены исследование влияния изменения состава композиций на эксплуатационные характеристики готовых изделий. Изучение свойств ПВХ-композиций проводилось на стандартных образцах, полученных путем заливки во фторопластовые формы. Технологический режим: температура в термостате 200 °С, время – 9 мин. После термостатирования форму охлаждали до комнатной температуры и извлекали образцы для испытания. Физико-механические характеристики: условную прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве) определяли в соответствии с ГОСТ-14236 на разрывной машине РМИ-60, плотность образцов - методом гидростатического взвешивания - по ГОСТ-15139-69.

Установлено, что с увеличением содержания дезодорированного подсолнечного масла, плотность возрастает и находится в пределах 1,15-1,25 г/см<sup>3</sup>; для композиции с соевым маслом плотность снижается с увеличением содержания масла и находится в пределах 1,17-1,26 г/см<sup>3</sup>, для пластикатов, содержащих кокосовое и пальмовое масла отмечено незначительное повышение плотности в пределах 1,19-1,21 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, использование дезодорированного подсолнечного масла более целесообразно, так как увеличение плотности способствует улучшению качества готовых изделий.

Композиции, содержащие дезодорированное подсолнечное масло, также характеризуются более стабильными физико-механическими показателями (рис.).



**Рисунок 1 – Зависимость прочности пластикатов от содержания масел:  
 СМ - соевое масло, ДПМ - дезодорированное подсолнечное масло,  
 ПМ – пальмовое масло, КМ – кокосовое масло**

Таким образом, использование растительных масел в качестве стабилизатора ПВХ-пластизолей, применяемых для производства детских игрушек, является рациональным, так как позволяет снизить себестоимость ПВХ-композиции, путем замены импортного эпоксидированного соевого масла, а также увеличить срок эксплуатации изделий за счет улучшения физико-механических показателей готовой продукции. По результатам исследований, наиболее целесообразным является использование дезодорированного подсолнечного масла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид / пер. с англ. под ред. Г.Е. Заикова. – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 728 с.
2. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. / Под ред. Гроссмана Р. Ф. Пер. с англ. под ред. Гзеева В. В. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009. – 608 с.
3. Воротягин А.Ю., Карманова О.В., Калмыков В.В., Лыгина Л.В. Разработка композиций на основе пластизолей для изготовления детских игрушек // ПИРХТ-2019. – 2019. – С. 352–353.

УДК 678.6

магистрант Д.В. Тесленко  
Науч. рук. проф. О.В. Карманова  
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров  
и техносферной безопасности, ВГУИТ)

#### **ПРИМЕНЕНИЕ БЕНЗОКСАЗИНОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ СОЗДАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время актуальность приобретают исследования, направленные на создание, разработку и производство полимерных композиционных материалов (ПКМ) различного назначения. При разработке нового ПКМ целью является выбор не только армирующего наполнителя, но и связующего, характеристики которого будут удовлетворять всем необходимым требованиям. В связи с этим постоянно проводится поиск новых полимерных матриц, которые будут обладать требуемым набором свойств [1].

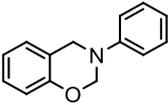
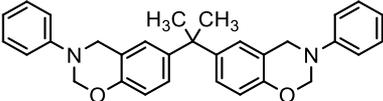
Углепластик – это полимерный композиционный материал, представляющий собой полотно из углеродных волокон (толщиной 0,005-0,010 мм), пропитанных термореактивными полимерными смолами. По комплексу свойств углепластики существенно превосходят традиционные стали, алюминиевые и титановые сплавы, обладая ши-

роким комплексом физико-механических характеристик и многофункциональное назначение.

В последнее десятилетие активно развивается новый класс терморезактивных соединений, представляющий особый тип аминифенолформальдегидных смол – бензоксазины [2]. В данной работе бензоксазины (БЗ) использовали в качестве связующего в ПКМ.

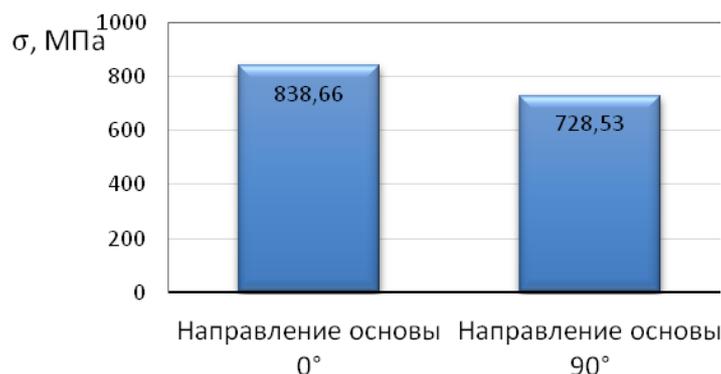
Современные БЗ нового поколения сочетают отличную жесткость и высокотемпературные характеристики, способные выдерживать воздействие влаги, химических веществ и других агрессивных материалов. Для сложных технологических задач связующие на основе БЗ смол являются идеальной альтернативой традиционным эпоксидным, фенольным и бисмалеимидным системам. В частности, БЗ смолы обладают на 50 % большей жесткостью по сравнению с эпоксидными; лучшей технологичностью (высокая липкость) и низкой усадкой после отверждения. БЗ смолы, в отличие от фенольных, обеспечивают более высокую точность изготовления конечных изделий с минимальным содержанием пустот. Введение дополнительных функциональных групп в структуру мономеров БЗ может оказывать влияние на процесс отверждения за счет образования полимеров с различными термическими и механическими свойствами (табл.)

**Таблица 1 - Термические свойства применяемого полибензоксазина**

Структурная формула мономера	Шифр	T <sub>c</sub> , °C	T <sub>5%</sub> , °C	T <sub>10%</sub> , °C	Коксовый остаток
	P-a	146	342	369	44
	B-a	150	310	327	32

Для определения предела прочности при растяжении использовали прямоугольные полосы, полученные на основе бензоксазинового связующего шифра P-a. Образцы имели различное направление основы относительно длинной стороны образца: 0° и 90°.

На рисунке представлены средние значения предела прочности при растяжении на основе бензоксазинового связующего. Наиболее высокие показатели продемонстрировали образцы с направлением основы относительно длинной стороны образца 0°.



**Рисунок 2 - Предел прочности ПКМ на основе углеродных волокон и бензаксазиновым связующим Р-а**

Таким образом, применение в качестве связующего бензоксазинов для получения ПКМ на основе углепластиков обеспечивает высокие значения прочности при растяжении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мелешко А. И., Половников С. П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. – М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2007 – 192 с.
2. Раскутин А.Е. Стратегия развития полимерных композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2017. №8. С. 344–348.

УДК 661.1+678.7

магистрант А.А. Чвирова, студ. А.Е. Зимица  
 Науч.рук. проф. О.В. Карманова  
 (кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и  
 техноферной безопасности, ВГУИТ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ И РЕЗИН, ПОЛУЧЕННЫХ В ПРИСУТСТВИИ СМЕСИ ВЫСШИХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ**

В рецептуростроении резиновых смесей существует проблема выбора ингредиентов и их соотношений, обеспечивающего получение высокотехнологичной резиновой смеси и вулканизатов. Разрабатываемый рецепт (содержит 10-20 компонентов) должен обеспечивать необходимые эксплуатационные свойства изделия, и при этом композиция должна хорошо перерабатываться на технологическом оборудовании, быть экологически безопасной, экономически целесообразной. Применение в рецептуре ингредиентов, проявляющих полифункциональные свойства, позволит упростить рецепт и улучшить качество

получаемых материалов [1]. Жирные кислоты и их производные являются традиционными ингредиентами, широко применяемыми в резиновой промышленности. Высшие жирные кислоты фракции С<sub>17</sub> (олеиновая, стеариновая) и их смеси являются высокоэффективными пластификаторами и активаторами вулканизации каучуков.

Целью работы являлось исследование свойств резиновых смесей и вулканизаторов при введении в их рецептуру смеси высших карбоновых кислот, выделенных из соапстока производства растительного масла [2].

Задачами работы являлись изучение свойств высших карбоновых кислот, изучение состава смеси жирных кислот (СмЖК) разных производителей, исследование влияния дозировки СмЖК на технологические и вулканизационные свойства резиновых смесей, оценка упруго-прочностных свойств резин в присутствии СмЖК.

Исследованы составы соапстоков разных производителей и определено содержание в продуктах высших карбоновых кислот различных фракций С<sub>7</sub>-С<sub>22</sub>. Исходя из максимального содержания фракций выделено основные 4 представителя высших карбоновых кислот: стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая (табл. 1). Анализ данных т показал, что соапстоки разных производств различаются соотношением исследуемых карбоновых кислот. Побочный продукт производства растительных масел ЕМЖК характеризуется максимальным содержанием насыщенной стеариновой кислоты (~ 42 %). Такие различия в составе оказывают влияние на свойства резиновых смесей и резин, полученных на их основе.

**Таблица 1 – Содержание жирных кислот в соапстоке**

Состав	Брутто формула	Содержание жирных кислот в соапстоке разных производителей, % мас.		
		ЕМЖК	ЭФКО	Кристалл
Стеариновая (октадекановая)	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	42,33	4,87	2,90
Олеиновая (октадеценевая)	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	15,72	18,33	22,70
Линолевая (октадекадиеновая)	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH	3,63	36,33	66,80
Линоленовая (октадекатриеновая)	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH	10,63	7,66	До 0,20
Прочие	фракции С <sub>7</sub> -С <sub>22</sub>	27,69	31,12	7,00

На основе СмЖК получены композиционные активаторы вулканизации в виде сплава СмЖК с оксидом цинка. Исследованы технологические, вулканизационные свойства резиновых смесей на основе каучука СКС-30АРК (табл. 2) и физико-механические показатели вулканизаторов.

**Таблица 2– Свойства резиновых смесей и резин с различными СмЖК**

Показатели	Эталон – стеариновая кислота	Шифры образцов		
		ЕМЖК	ЭФКО	Кристалл
Вязкость по Муни	55,00	54,00	56,00	57,00
$M_{\min}$ , дН·м	38,00	37,50	35,00	34,50
$M_{\max}$ , дН·м	52,00	50,00	48,00	46,00
$\tau_{90}$ , мин	11,50	12,00	14,50	14,50

Установлено, что использование смеси жирных кислот обеспечивает требуемую скорость вулканизации. Применение СмЖК улучшает не только вулканизационные, но и реологические свойства. Поэтому в промышленных рецептурах резиновых смесей можно заменять мягчители нефтяного происхождения на СмЖК, выделенных из соапстока производства растительного масла. Замена стеариновой кислоты (1,5 мас.ч.) и оксида цинка (5 мас.ч.) в рецептуре исследуемых резиновых смесей на 6 мас.ч. опытного активатора вулканизации, полученного на основе СмЖК обеспечила требуемый уровень физико-механических показателей вулканизатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова О.В. Технологические активные добавки на основе сопутствующих продуктов производства растительного масла // Каучук и резина. 2009. № 5. С. 18–21.

2. Попова Л.В., Репин П.С., Тарасевич Т.В. Отходы масложирового производства как вторичное сырье / Материалы междун. научно-техн. конф. «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение». ВГУИТ. 2014. С. 167–172.

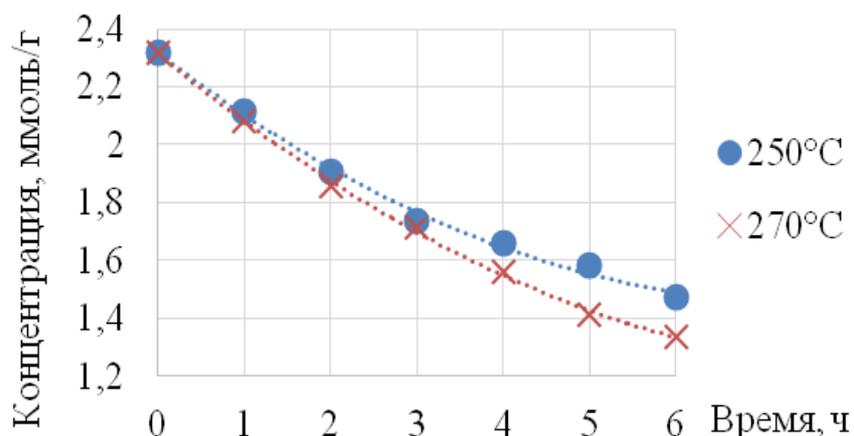
УДК 544.4:665.652.2

студ. К.И. Павлюк, В.В. Цалко  
 Науч. рук. зав. кафедрой А.И. Юсевич  
 (кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА НЕФТЕПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ ИЗ ТЯЖЕЛОЙ СМОЛЫ ПИРОЛИЗА**

Определены константы скорости процесса термической полимеризации тяжелой пиролизной смолы (ТПС) завода «Полимир» ОАО «Нафтан» в ходе синтеза нефтеполимерной смолы (НПС) при разных температурах на основе анализа изменения йодного числа (ЙЧ) реакционной смеси. Характеристика ТПС приведена в [1]. Синтез проводили при двух температурах: 250°C и 270°C, в течение 6 ч в реакторе

с мешалкой. В ходе синтеза отбирали пробы реакционной смеси каждый час и определяли их ЙЧ по ГОСТ 2070-82. На основании значений ЙЧ рассчитывали концентрацию двойных связей в реакционной смеси, строили зависимости концентрации от времени реакции (рисунок 1), описывали их кинетическими уравнениями второго порядка и вычисляли константы скорости.



**Рисунок 1 – Зависимости концентрации двойных связей в ТПС от времени термообработки**

Были получены следующие значения констант скорости (в г/(моль·ч)): при 250°C – 39,6; при 270°C – 52,9. На их основании была рассчитана энергия активации реакции, она составила 34,2 кДж/моль.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юсевич, А.И. Изучение реакционной способности компонентов тяжёлой пиролизной смолы в процессе синтеза нефтеполимерной смол/ А.И. Юсевич [и др.] // Технология органических веществ : материалы 84-ой науч.технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 3–14 февраля 2020 г. [Электронный ресурс]. – Минск : БГТУ, 2020. – С. 143–145.

Студ. В.О. Юрченко, Е.В. Никонов, В.С. Смолко  
Науч. рук. ст. преп. А.О. Шрубок  
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НЕФТЕПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ НА ПЛАСТИЧНЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОБИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ**

Наиболее значимой причиной в снижении долговечности асфальтобетонных покрытий является несоответствие свойств нефтяных битумных вяжущих условиям работы покрытий при высоких и отрицательных температурах. Улучшение качественных показателей нефтяных вяжущих и, как следствие, увеличение долговечности дорожных покрытий, возможно за счет модификации их эластомерами. Модифицированные эластомерами битумы отличаются от немодифицированных высокой эластичностью и трещиностойкостью, более широким температурным диапазоном работоспособности, характеризуется значительно большей долговечностью при многократных динамических воздействиях в области отрицательных температур.

Цель данной работы – изучение влияния добавок нефтеполимерной смолы на качественные показатели резинобитумных вяжущих. В качестве основы для вяжущих был взят нефтяной битум марки БНД 70/100, для модификации которого использовали резиновую крошку из отработанных автомобильных шин (фракция менее 1 мм) и добавку нефтеполимерной смолы (1–10 мас. %). Установлено снижение температуры размягчения резинобитумных вяжущих и увеличение их пенетрации при возрастании содержания нефтеполимерной смолы в резинобитумном вяжущем. Резинобитумные вяжущие, полученные с использованием резиновой крошки и нефтеполимерной смолы, характеризуются высокими качественными характеристиками и низкой стоимостью, т.к. используются отходы резинотехнических изделий и доступная добавка (нефтеполимерная смола).

Таким образом, введение нефтеполимерной смолы в резинобитумное вяжущее позволяет улучшить совместимость нефтяного битума и резиновой крошки за счет деструкции и сшивки частиц резины и конденсированных компонентов битума в присутствии смол, а регулирование пластичных свойств резинобитумных вяжущих может осуществляться за счет варьирования количества введенной добавки.

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ СПАВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

СПАВ применяются для производства синтетических моющих средств, а также используются в качестве смачивателей, эмульгаторов, пенообразователей и т.д. Специфические свойства ПАВ вызывают серьёзные затруднения при очистке сточных вод химическими и биохимическими методами, следствием чего является увеличение загрязнения воды поверхностных и подземных источников. Незначительное содержание в воде водоёмов ПАВ (десятые доли мг/л) приводит к образованию пены, что вызывает нарушение кислородного режима и создаёт неблагоприятные условия для развития флоры и фауны [1]. В связи с этим возникает потребность удаления СПАВ из сточных вод и контроля степени их очистки.

Целью данной работы была разработка методов контроля содержания СПАВ в водных средах.

В качестве модельного СПАВ использовался лауретсульфат натрия. Для определения показателя преломления сред использовали рефрактометр ИРФ-464 (РФ).

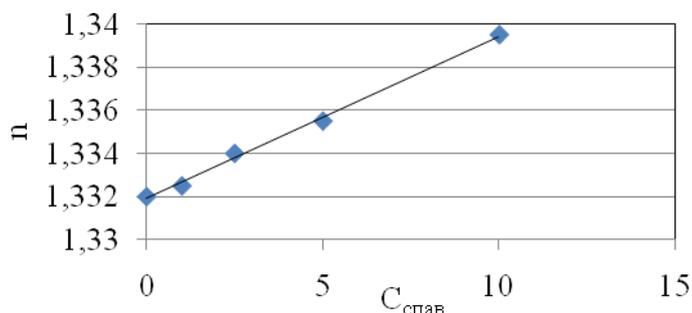
Определение содержания СПАВ проводили сталагмометрическим методом и методом рефрактометрии.

Рефрактометрический метод анализа основан на зависимости показателя преломления света от состава смеси. Предварительно по экспериментальным данным строили градуировочный график в координатах: состав смеси - показатель преломления, затем по градуировочному графику определяли показатель преломления раствора с неизвестным содержанием СПАВ.

На рисунке 1 приведены результаты анализа влияния концентрации СПАВ лауретсульфата натрия на показатель преломления водной среды.

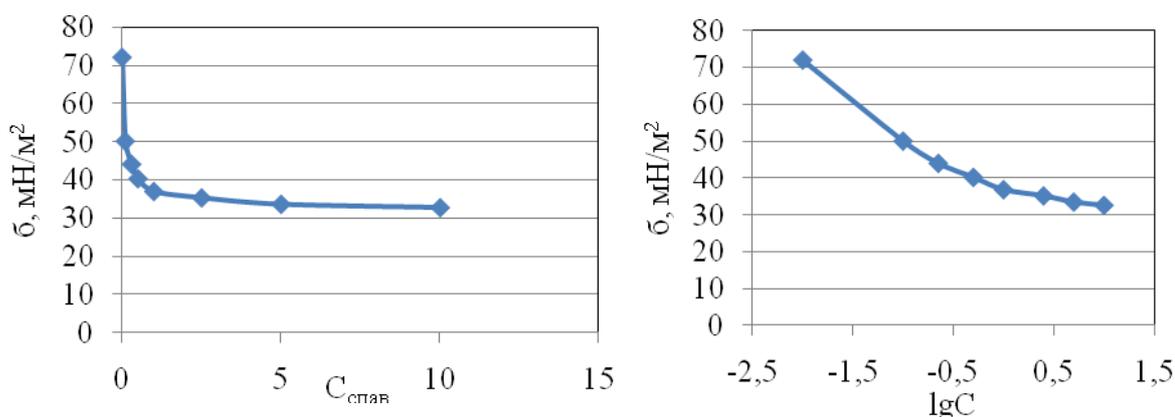
Сталагмометрический метод основан на измерении числа капель, вытекающих из сталагмометра. Поверхностное натяжение находили путем сравнения данных по истечению из сталагмометрической трубки исследуемой жидкости и стандартной жидкости (воды) с известным значением поверхностного натяжения.

На рисунке 2 приведены результаты анализа влияния концентрации СПАВ лауретсульфата натрия на изменение силы поверхностного натяжения воды.



**Рисунок 1 – Калибровочная зависимость изменения показателя преломления от концентрации лауретсульфата натрия**

Как видно из рисунка 1, наблюдается линейная зависимость между показателем  $n$  и  $C_{\text{СПАВ}}$ . Метод позволяет быстро определять высокие концентрации СПАВ, однако чувствительность их обнаружения методом рефрактометрии недостаточно высокая и составляет 0,5%.



**Рисунок 2 – Изменение силы поверхностного натяжения от концентрации СПАВ лауретсульфата натрия (а) и в полулогарифмических координатах (б)**

Как видно из рисунка 2, метод оценки поверхностного натяжения проявляет большую чувствительность к малым концентрациям СПАВ (0,05%), что позволяет его использовать для анализа содержания СПАВ после очистки сточных вод.

Таким образом, проведенный анализ показал, что оба метода могут быть использованы для контроля очистки сточных вод. Метод рефрактометрии может применяться для контроля загрязненности исходных сточных вод СПАВ, а метод оценки поверхностного натяжения – для контроля степени очистки сточных вод от СПАВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лукиных, Н. А. Очистка сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества / Н. А. Лукиных – Москва: Стройиздат, 1972. – 96 с.

УДК 557.114:616-006

студ. А.А. Масехнович  
Науч. рук. доц. А.В. Игнатенко  
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

### ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Загрязненность осадков сточных вод (ОСВ) – актуальная экологическая проблема. Ежедневно на очистных сооружениях г. Минска образуется более 4000,0 м<sup>3</sup>/сут сырого осадка, а после механического обезвоживания объем осадка (кека) составляет 700-750 т (при влажности 80-85%). Обработанный ОСВ вывозится на временное складирование [1]. ОСВ являются ценным ресурсом, но содержащим большое количество опасных веществ, наносящих значительный экологический ущерб окружающей среде. Токсичные вещества находятся в связанном состоянии и для их выделения могут быть использованы реагентные и безреагентные методы обработки ОСВ.

Цель работы: оценка уровня загрязненности вытяжек ОСВ после их реагентной и безреагентной пробоподготовки.

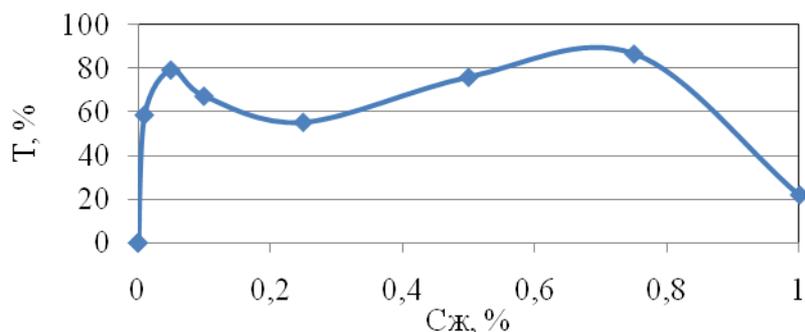
В работе использовали клетки микроводоросли *Euglena gracilis* из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ; ОСВ УП «Минскводоканал»; в качестве биоПАВ служила желчь крупного рогатого скота.

ОСВ обрабатывали желчью в концентрациях 0,001–1,0%, выдерживали 1 ч для эмульгирования токсичных веществ. После чего образцы центрифугировали при 6000 об/мин, 10 мин и проверяли токсичность надосадочной жидкости на клетках тест-культуры. Токсичность проб определяли с помощью микроскопа БИОЛАМ по количеству выживших клеток через 1 сут.:

$$T = \frac{x_k - x_p}{x_k} \cdot 100\% ,$$

где  $x_k$ ,  $x_p$  – количество клеток в контрольном (к) и рабочем (р) образцах соответственно.

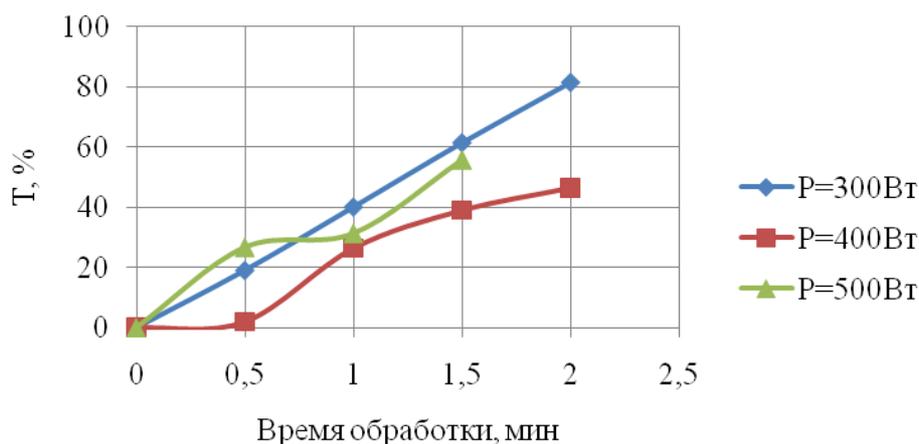
Полученные результаты приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Анализ токсичности вытяжек ОСВ обработанных желчью**

Как видно из рисунка 1, с увеличением концентрации желчи токсичность проб возрастает, в связи эмульгированием токсичных веществ из ОСВ и образованием сферических мицелл при 0,25% и цилиндрических – при 1,0%.

На втором этапе работы изучили влияние СВЧ обработки на токсичность вытяжек ОСВ (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Влияние СВЧ обработки на токсичность надосадочной жидкости ОСВ**

Как видно из рисунка 2, с увеличением времени СВЧ обработки ОСВ при всех мощностях наблюдается рост токсичности вытяжек. Полученные зависимости объясняются переходом связанных токсичных веществ в свободное состояние. Оптимальным режимом СВЧ обработка является  $P = 300 \text{ Вт}$ , 2 мин удаляющий 80% токсичных веществ из ОСВ.

Таким образом, реагентная и безреагентная обработка ОСВ позволяют снизить уровень загрязненности ОСВ токсичными веществами на 80–85%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романовский, В. И. Выбор направления использования осадков сточных вод г. Минска / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, А. Б. Бахмат // Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства: докл. Междунар.науч.-практ.конф., Минск, 13–14 мая 2014 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2015. – С. 156–162.

2. Белясова, Н.А. Микробиология. Лабораторный практикум : учеб. пособие для студентов специальностей «Биотехнология», «Биоэкология», «Биология». – Минск : БГТУ, 2007. – 160 с.; ил.

3. Поверхностные явления и дисперсные системы: лаб. практикум для студентов химико-технологических специальностей / А.А. Шершавина [и др.] – Мн. : БГТУ, 2005. – 106 с.

УДК 54.057:579.66

студ. В.К. Миронович  
Науч. рук. доц. А.В. Игнатенко  
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

### **ПОЛУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНОГО ПОКРЫТИЯ И АНАЛИЗ ЕГО ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Одно из приоритетных направлений биотехнологий XXI века – защита материалов и изделий от биоповреждений, сохранение здоровья, предотвращение потерь сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции на всех стадиях производства и хранения [1].

Основная причина порчи большинства порчи продукции и пищевых заболеваний – развитие микроорганизмов. Они могут попасть в пищевой продукт на любой стадии технологической цепи в ходе производства, на стадиях упаковки, хранения или реализации [2].

Развитие микроорганизмов можно предотвратить или замедлить путем контроля условий производства и хранения, применения консервантов, бактериоцинов растительного происхождения, а также использования защитных свойств самой упаковки.

Предметом современных научных исследований является выбор наиболее эффективных способов защиты пищевых продуктов от биоповреждений и поиск безопасных для окружающей среды антимикробных веществ. Перспективным классом защитных препаратов являются антимикробные вещества с пленкообразующими свойствами. Одним из таких веществ являются полигексаметиленгуанидин (ПГМГ). Недостатком ПГМГ является недостаточно высокая механическая прочность пленок. Для ее усиления могут использоваться полилактид (ПЛА), полигидроксibuтират (ПГБ).

Цель работы – получение антимикробных пленкообразующих материалов с ПГМГ и анализ их биоцидного действия.

В данной работе изучено влияние комбинированных антимикробных пленок ПЛА, ПГБ с добавками ПГМГ (0,2–1,0 % масс.). Пленки получали путем смешения ПГМГ с ПЛА и ПГБ. Полученные комбинированные пленки наносили на поверхность покровных стекол, на которые был нанесен питательный агар.

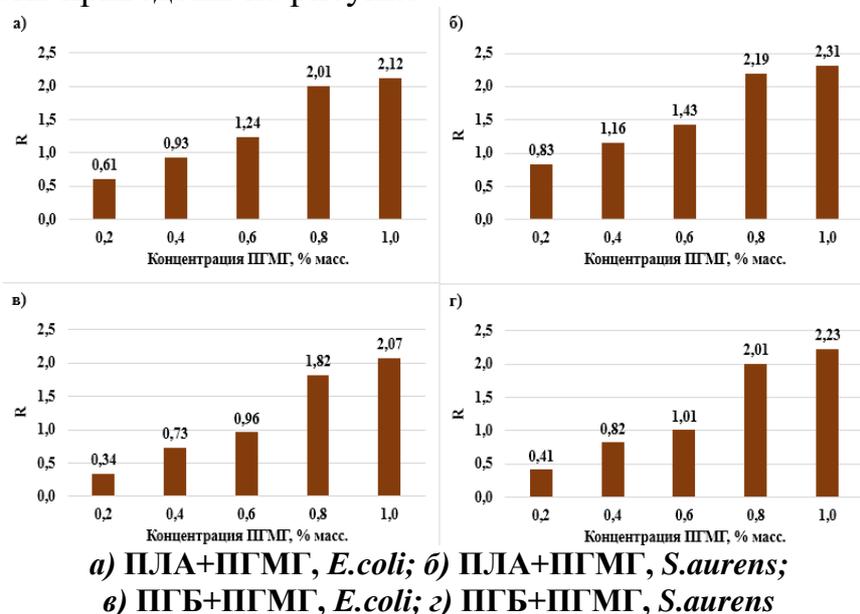
В качестве тест-организмов для оценки антимикробного действия полученных пленок были использованы широко распространенные санитарно-показательные бактерии *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*. Содержание микроорганизмов на поверхности пленок определяли в соответствии со стандартом ISO 22196.

Количественной характеристикой антимикробного действия покрытия является величина антибактериальной активности  $R$ :

$$R = U_t - A_t,$$

где  $U_t$  – логарифм концентрации жизнеспособных микроорганизмов (в КОЕ/мл) на пленке без ПГМГ после 24 часов инкубации;  $A_t$  – логарифм концентрации жизнеспособных микроорганизмов (в КОЕ/мл) на пленке с добавлением ПГМГ после 24 часов инкубации.

Антимикробные свойства вещества считаются хорошими, если показатель антибактериальной активности больше, чем два ( $R > 2$ ). Результаты приведены на рисунке.



**Рисунок 1 – Изменение антибактериальной активности полимерных пленок с добавлением ПГМГ**

Из рисунка 1 следует, что однозначным биоцидным действием обладают пленки с концентрацией ПГМГ, составляющей 1,0%.

Таким образом, установлено, что добавление ПГМГ в полимеры предотвращает рост микроорганизмов на их поверхности. Он может быть использован как биоцидный препарат в составе полимерных пленок в концентрации 1,0%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Традиции и инновации в упаковке пищевых продуктов / Л.С. Кузнецова, М.Н. Михеева, Е.В. Казакова и др. // Пищевая промышленность. – 2008. – № 6. – С. 12–14.

2. Безнаева, О.В. Пленки на основе электретных материалов – «активные» упаковки / О.В. Безнаева, Т.И. Аксенова, Т.М. Бабурина // Пищевая промышленность. – 2011. – № 1. – С. 24–26.

УДК 577.112.824

студ. С.А. Демидович

Науч. рук. асс. О.И. Лазовская, зав. кафедрой В.Н. Леонтьев  
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

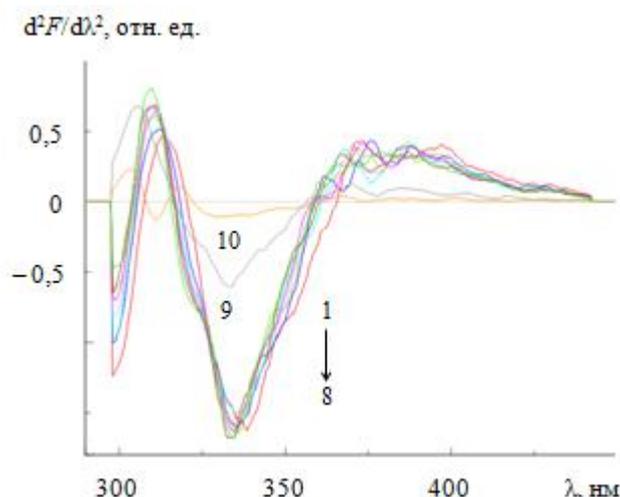
#### **МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СВЯЗЫВАНИЯ АБИРАТЕРОНА АЦЕТАТА С СЫВОРОТОЧНЫМ АЛЬБУМИНОМ ЧЕЛОВЕКА**

Сывороточный альбумин человека (САЧ) является основным белком плазмы крови. Уникальная способность САЧ к обратимому связыванию лигандов определяет одну из наиболее важных его функций – транспорт гидрофобных соединений. Взаимодействие низкомолекулярных веществ с альбумином характеризуется константой связывания ( $K_b$ ) и количеством центров связывания ( $n$ ). При связывании лигандов с САЧ происходят конформационные перестройки в молекулах белка, приводящие к тушению собственной триптофановой флуоресценции [1].

Цель работы – определить параметры связывания противоопухолевого препарата абиратерона ацетата с альбумином.

Анализ вторых производных спектров флуоресценции (рисунок) показал, что при добавлении абиратерона ацетата к раствору САЧ происходит тушение флуоресценции белка со смещением максимума полосы испускания в область меньших длин волн с 339 нм до 336 нм при  $\lambda_{возб} = 280$  нм. Гипсохромный сдвиг, вызванный увеличением гидрофобности микроокружения остатков триптофана, указывает на кон-

формационные изменения структуры белковой макромолекулы вследствие образования комплекса.



**Рисунок – Вторые производные спектров флуоресценции при 25°C:**  
**(1) – 7,5 мкМ САЧ; (2-8) – 7,5 мкМ САЧ в присутствии абиратерона ацетата в**  
**концентрациях 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 мкМ; (9 и 10) – 32 и 8 мкМ абиратерона**  
**ацетата в фосфатном буферном растворе**

Для определения механизма тушения флуоресценции САЧ абиратерона ацетатом использовали уравнение Штерна-Фольмера. Полученное значение константы скорости тушения для бимолекулярной реакции ( $4,5 \times 10^{12} \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$ ) превышает константу максимальной скорости динамического тушения флуоресценции ( $2 \times 10^{10} \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$ ) [2], что однозначно свидетельствует о статическом механизме тушения.

Параметры связывания абиратерона ацетата с альбумином определяли графически по уравнениям Штерна-Фольмера в логарифмическом виде [2], Скэтчарда [3] и Левина [4]. Значения  $K_b$  и  $n$ , полученные с применением различных моделей расчета, хорошо согласуются между собой (таблица).

**Таблица 1 – Параметры связывания абиратерона ацетата с САЧ при 25°C**

Модель расчета	$K_b, \text{ M}^{-1}$	$n$	$r$
Уравнение Штерна-Фольмера в логарифмическом виде	$1,6 \times 10^4$	0,9	0,9996
Уравнение Скэтчарда	$2,8 \times 10^4$	1,2	0,9968
Уравнение Левина	$9,2 \times 10^4$	1,4	0,9867

*Примечание:*  $r$  – линейный коэффициент корреляции.

Значение  $K_b$  имеет порядок  $10^4 \text{ M}^{-1}$  и свидетельствует об относительно невысокой прочности образующегося комплекса [5], а значение  $n \sim 1$  указывает на наличие в молекуле белка только одного центра связывания для абиратерона ацетата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Determining the binding affinity and binding site of bensulfuron-methyl to human serum albumin by quenching of the intrinsic tryptophan fluorescence / F. Ding [et al.] // J. Lumin. – 2010. – Vol. 130, № 11. – P. 2013–2021.

2. Biophysical study on the interaction between eperisone hydrochloride and human serum albumin using spectroscopic, calorimetric, and molecular docking analyses / G. Rabbani [et al.] // Mol. Pharm. – 2017. – Vol. 14, № 5. – P. 1656–1665.

3. Binding interactions of pefloxacin mesylate with bovine lactoferrin and human serum albumin / J. C. Fan [et al.] // J. Zhejiang Univ. Sci. B. – 2006. – Vol. 7, № 6. – P. 452–458.

4. Tayyab, S. Binding of bilirubin to goat serum albumin: determination of binding constant / S. Tayyab, V. D. Trivedi // Biochem. Educ. – 1995. – Vol. 23, № 2. – P. 98–100.

5. Fluorescence and docking studies of the interaction between human serum albumin and pheophytin / O. A. Chaves [et al.] // Molecules. – 2015. – V. 20, № 10. – P. 19526–19539.

УДК 615.322

магистрант Д.А. Косяк

Науч. рук. зав. кафедрой В.Н. Леонтьев (кафедра биотехнологии, БГТУ);  
доц. Н.А. Коваленко (кафедра физической, коллоидной  
и аналитической химии, БГТУ)

#### **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПЕРИЦИНА В ЭКСТРАКТАХ ТРАВЫ ЗВЕРОБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО *HYPERICUM PERFORATUM***

Трава зверобоя продырявленного *Hypericum perforatum* обладает фармакологической активностью и применяется для лечения и профилактики депрессий. Анксиолитическое действие *Hypericum perforatum* обусловлено наличием гиперического [1].

Цель работы – количественное определение гиперического в экстрактах травы зверобоя продырявленного *Hypericum perforatum*.

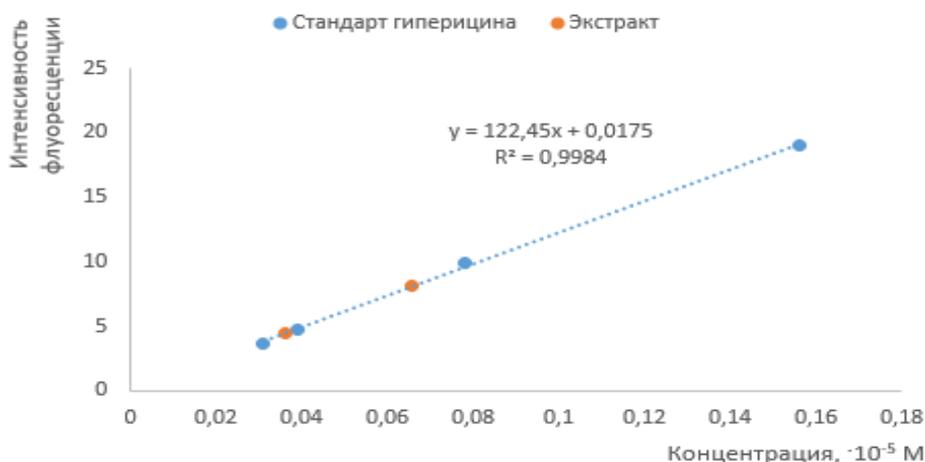
Количественное определение суммы гиперических в пересчете на гиперичесин проводили согласно ГФ РБ [2]. В круглодонную колбу

на 100 мл поместили 0,8 г измельченной травы зверобоя и 60 мл смеси из воды дистиллированной и тетрагидрофурана (20:80, об/об). Смесь кипятили с обратным холодильником в водяной бане при температуре 70 °С в течение 30 мин, затем центрифугировали при 700 g в течение 2 мин. Надосадочную жидкость поместили в колбу на 250 мл. Остаток поместили в ту же колбу объемом 100 мл, прибавили 60 мл смеси из воды дистиллированной и тетрагидрофурана (20:80, об/об), нагревали с обратным холодильником в течение 30 мин и центрифугировали при 700 g в течение 2 мин. Надосадочную жидкость помещали в колбу с первым извлечением и упаривали досуха. Остаток растворяли в 15 мл метанола, перенесли в мерную колбу на 25 мл и довели до объема 25 мл этим же растворителем. Центрифугировали и фильтровали 10 мл надосадочной жидкости через мембранный фильтр (0,2 мкм), отбрасывая первые 2 мл фильтрата. 5 мл фильтрата довели метанолом до объема 25 мл. Компенсационный раствор – метанол. Измеряли оптическую плотность раствора при 590 нм на спектрофотометре Specord 200 Plus. Концентрацию гиперина (с) вычисляли по формуле  $c = A / \epsilon \cdot l$ , где  $A$  – оптическая плотность раствора при 590 нм,  $\epsilon$  – молярный коэффициент экстинкции гиперина (для метанола равен 43882,8 л/(моль·см)),  $l$  – толщина слоя раствора, см. Концентрация гиперина в экстракте составила 67,7 мкмоль/л. Так как экстракт не был очищен данным методом предполагает поглощение как гиперина, так и сопутствующих веществ при 590 нм.

В связи с этим предложили определять концентрацию гиперина в экстрактах травы зверобоя *Hypericum perforatum* с помощью флуориметрического метода, который является более избирательным и чувствительным.

Для построения калибровочного графика выделили гиперин из настойки «Диагиперон» ТСХ методом. Для этого нанесли на ТСХ пластинку (TLC Silica gel 60) 280 мкл настойки «Диагиперон». Элюент – этилацетат:уксусная кислота (50:5, об/об). Детектирование осуществляли в УФ-свете при 254 нм. Гиперициновую фракцию вместе с силикагелем соскребли шпателем в пробирку. Экстрагировали гиперин этилацетатом (9 мл). Упаривали раствор на роторном испарителе. Растворили сухой остаток в небольшом количестве метанола, перенесли в мерную колбу на 5 мл и довели до объема 5 мл метанолом. Измеряли оптическую плотность раствора при 590 нм. Концентрация гиперина в растворе составила 3,11 мкмоль/л. Для построения калибровочного графика развели раствор в 2, 4, 8, 10 раз. Измерили интенсивность флуоресценции соответствующих растворов при  $\lambda_{\text{возб}} = 540$  нм и  $\lambda_{\text{исп}} = 598$  нм. По полученным данным построили

калибровочный график и определили концентрацию разведенного в 100 и 125 раз экстракта из травы зверобоя (рисунок). Концентрация гиперидина в экстракте составила 6,58 мкмоль/л.



**Рисунок 1 – Калибровочный график для определения концентрации гиперидина**

Таким образом, использование флуоресцентной спектроскопии показало, что истинное содержание гиперидина в экстракте травы зверобоя составляет не 67,7 мкмоль/л, а на порядок меньше. Фармакопейный метод дает завышенные результаты за счет поглощения других компонентов в экстракте травы зверобоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Role of hyperforin in the antidepressant-like activity of *Hypericum perforatum* extracts / L. Cervo [et al.] // *Psychopharmacology*. – 2002. – Vol. 164, № 4. – P. 423–428.
2. Государственная фармакопея РБ / МЗ РБ, УП «ЦЭИЗ» // под общ. ред. А.А. Шерякова. – Молодечно: тип. «Победа», 2012. – 1220 с.

## **ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

В настоящее время рынок лекарственных препаратов весьма разнообразен. Это и синтетические препараты, и средства природного происхождения. Сырьём для получения лекарственных средств служат: различные органические соединения, растения, животные, ископаемое органическое и неорганическое сырьё. Однако необходимо отметить, что с каждым годом медицинские препараты на основе лекарственных растений занимают все большую часть фармацевтического рынка. Для безопасного использования лекарственного растительного сырья (ЛРС) при производстве лекарственных препаратов необходимо быть уверенным, что используемое сырьё соответствует всем необходимым нормам и требованиям.

Фармакогностический анализ ЛРС – это методы анализа ЛРС, позволяющие определить подлинность (соответствие сырья тому наименованию, под которым оно поступило для исследования) и доброкачественность (чистота сырья, степень его измельчения, влажность, содержание золы, а также действующих веществ).

В первую очередь сырьё должно подвергаться макроскопическому и микроскопическому анализу. В ходе анализа, в соответствии с общими статьями Государственной фармакопеи, определяются анатомическое строение и морфологические признаки сырья, т. е. устанавливается его подлинность и доброкачественность. Далее проводится товароведческий анализ, заключающийся в определении содержания в ЛРС примесей и вредителей, устанавливается степень измельчения, содержания золы, влаги и экстрактивных веществ в сырье. После получения положительного заключения о подлинности и доброкачественности сырья проводят его фитохимический анализ. В ходе анализа определяют количество действующих веществ. Кроме того, следует отметить, что в настоящее время на предприятиях при необходимости проводят определение наличия в ЛРС пестицидов и генно-модифицированного сырья.

На основании всего выше изложенного, на первом этапе разработки нового таблетированного фиточая на основе местного растительного сырья, используемое в работе ЛРС было подвергнуто всем необходимым проверкам на подлинность и доброкачественность, а также был проведён его фитохимический анализ.

студ. Д.Ю. Гончарик  
Науч. рук. доц. Ю.Г. Чернецкая, зав. кафедрой В.Н. Леонтьев  
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

## **ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕТЕ- РИНАРНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ АМОКСИЦИЛЛИНА И КОЛИСТИНА**

В настоящее время с целью повышения эффективности лечения инфекционных заболеваний сельскохозяйственных животных наиболее перспективным является применение комплексных противомикробных препаратов [1].

Объектом настоящих исследований являлся ветеринарный препарат в форме порошка для перорального применения на основе амоксициллина тригидрата и колистина сульфата. Препарат назначают поросятам, телятам и птице для лечения желудочно-кишечных заболеваний бактериальной этиологии [2].

С целью улучшения растворимости порошка и стабильности действующих веществ было предложено включить в состав вспомогательные компоненты – натрия гидрокарбонат и натрия цитрат.

Стабильность амоксициллина тригидрата и колистина сульфата определяли с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии [3]. Исследования проводили на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 с UV/Vis-детектором. Идентификацию и количественное определение амоксициллина проводили в следующих условиях хроматографического анализа: колонка размером 150x4,6 мм (Supelco C<sub>18</sub>), в качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрила и 0,01 н раствора натрия уксуснокислого, скорость элюирования – 1,0 мл/мин, температура колонки – 30°C, объем инъекции – 10,0 мкл, детектирование – при длине волны 230 нм.

Анализ колистина сульфата проводили в следующих условиях хроматографирования: колонка размером 300x3,9 мм (Supelco C<sub>18</sub>), в качестве подвижной фазы использовали смесь раствора натрия сульфата, ортофосфорной кислоты и ацетонитрила, скорость элюирования – 0,8 мл/мин, температура колонки – 30°C, объем инъекции – 10,0 мкл, детектирование – при длине волны 205 нм.

Проводили визуальный контроль и хроматографический анализ раствора препарата, содержащего амоксициллин тригидрат, колистина сульфат и вспомогательные компоненты – натрия гидрокарбонат и натрия цитрат, на момент приготовления и через 24 ч хранения.

На момент приготовления и в течение суток раствор препарата был прозрачным и бесцветным.

Для подтверждения стабильности амоксициллина тригидрата в исследуемом растворе сравнивали время удерживания пика амоксициллина на хроматограммах рабочего стандартного раствора и хроматограммах раствора препарата. В частности, время удерживания пика амоксициллина на хроматограмме рабочего стандартного раствора составило 4,698 мин, раствора препарата – 4,699 мин. Массовую концентрацию амоксициллина тригидрата рассчитывали на основе значений площадей пиков амоксициллина тригидрата на хроматограммах рабочего стандартного раствора и раствора препарата. В результате анализа установлено, что концентрация амоксициллина в течение 24 ч хранения соответствовала концентрации на момент приготовления раствора.

Соответствие времени удерживания пиков ( $\pm 2\%$ ) колистина на хроматограммах раствора препарата и рабочего стандартного раствора колистина сульфата свидетельствует о его подлинности и стабильности. Для рабочего стандартного раствора колистина сульфата получены значения выхода пиков 5,862 и 11,227 мин, а для испытуемого раствора – 5,863 и 11,192 мин, соответственно. Результаты количественного определения показали, что концентрация колистина сульфата в исследуемом растворе в течение суток хранения не снизилась.

В результате проведенных исследований была повышена растворимость ветеринарного препарата на основе амоксициллина тригидрата и колистина сульфата за счёт введения дополнительных вспомогательных компонентов и установлена стабильность разработанного состава.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Канторович, Ю.А. Разработка новых комбинированных антимикробных препаратов для ветеринарии/ Ю.А. Канторович [ и др.] // Актуальные проблемы и инновации в современной ветеринарной фармакологии и токсикологии: материалы V Международного съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов, Витебск, 26-30 мая 2015 г. / УО ВГАМ; редкол.: А.И. Ятусевич [ и др.]. – Витебск, 2015. – С. 14-16.

2. TrionisVet [Электронный ресурс] / Антибактериальные препараты: амокол 50. – Королёв, 2019. – Режим доступа: <https://trionisvet.ru/catalog/antibacterial/amokolum/>. – Дата доступа: 09.01.2020.

## ОСОБЕННОСТИ ОТБЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ СУЛЬФАТНОЙ ХВОЙНОЙ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КИСЛОРОДНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИЕЙ

Целлюлозу сульфатную беленую хвойную производят в Республике Беларусь на единственном предприятии, подведомственном концерну «Беллесбумпром» – ОАО «Светлогорский ЦКК».

Участок предварительной кислородной делигнификации (процесс проводится в 2 ступени) снижает для целлюлозы значение числа Каппа на 40–50%, что повышает ее способность к отбелке и сокращает на 50–60% расходы отбеливающих химикатов. На предприятии используют небольшое количество экологически безопасных соединений в качестве защитного средства и кислород (добавляют в смеситель). Кислород  $O_2$  и щелочь  $NaOH$  применяются для реакции с сульфидом натрия  $Na_2S$ . Сульфид натрия  $Na_2S$  превращается в сульфит натрия  $Na_2SO_3$  и сульфат натрия  $Na_2SO_4$ , не оказывающие отрицательного влияния на целлюлозные волокна и не имеющие никаких запахов.

Участок отбелки целлюлозы предназначен для осуществления процесса отбеливания по технологии ECF (DO-EOP-D1-PO). Происходит окисление (обесцвечивание) остаточного лигнина (3–4%), что обеспечит целлюлозе высокую белизну (около 90%). Достоинства объекта: использован классический принцип для отбелки, для каждой стадии которой используется так называемый «блок», состоящий из следующих обязательных четырех операций:

операция 1 – смешивание целлюлозы с отбеливающим агентом в смесителе;

операция 2 – осуществление реакции отбелки в отбельной башне;

операция 3 – удаление из целлюлозной массы продуктов реакции (в виде хлорированного лигнина) в прессовом шнеке;

операция 4 – промывка целлюлозной массы промывной жидкостью, в качестве которой используется фильтрат, содержащий непрореагировавшие химикаты и удаляемый из массы от другой ступени отбелки.

Принципиальное отличие технологии отбелки с предварительной кислородной делигнификацией на ОАО «Светлогорский ЦКК» от известных технологий состоит в снижении количества ступеней отбелки до 4 (обычно их 6–7), а также видом и количеством химикатов, применяемых на каждой ступени.

Ступени отбели cellulозы по технологии DO-EOP-D1-PO включают последовательную ее обработку с использованием следующих химических веществ: первая ступень DO – двуокись хлора  $\text{ClO}_2$ ; вторая ступень EOP – едкий натр  $\text{NaOH}$ , перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  и кислород  $\text{O}_2$  и защитное средство (раствор сульфата магния  $\text{MgSO}_4$ ); третья ступень D1 – двуокись хлора  $\text{ClO}_2$ ; четвертая ступень PO – едкий натр  $\text{NaOH}$ , перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ , кислород  $\text{O}_2$  и защитное средство (раствор сульфата магния  $\text{MgSO}_4$ ).

**Таблица 1– Особенности получения cellulозы сульфатной беленой хвойной**

Параметр	Технология на ОАО «СЦКК» (бесхлорная отбелка), 4 ступени	Известные технологии (отбелка использованием хлора) 6–7 ступеней
Расход щелочи для варки, %	21	19
Сульфидность, %	30	25–30
Температура варки, °С	158–162	170
Жесткость, число Каппа: – до кислородной делигнификации – после кислородной делигнификации	28–30 15–18	40–45 25–30
Отбор черных щелоков, %	Более 98	Не более 70%
Концентрация черных щелоков, подаваемых на вакуум-выпарную станцию (ВВС), %	13–17	10–15
Количество черных щелоков, подаваемых на вакуум-выпарную станцию (ВВС), т/т cellulозы	11,2	не более 8
Расходы химикатов на отбелку, кг/т: в том числе:	79–84	125–150
– хлор $\text{Cl}_2$ (2 ступени)	Отсутствует	60–90
– гипохлорит натрия $\text{NaOCl}$ (или кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) (2 ступени)	Отсутствует	10–20
– сульфат магния $\text{MgSO}_4$	2,5	Отсутствует
– двуокись хлора $\text{ClO}_2$	11,5–16,0	20–50
– едкий натр $\text{NaOH}$	21	5–15
– кислород $\text{O}_2$	30	20–25
– перекись водорода $\text{H}_2\text{O}_2$	14	10–15
– тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	3	3
– серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4$	3	3

Cellulоза сульфатная беленой хвойной обладает высокими показателями качества: белизна – не менее 90%, разрывная длина – не менее 9000 м, сопротивление излому – не менее 1300 ч. д. п.

Таким образом, процесс предварительной кислородной делигнификации cellulозы сульфатной хвойной повышает эффективность ее отбели, осуществляемой по технологии ECF (бесхлорная отбелка).

## **ВЛИЯНИЕ ВИДА И РАСХОДА СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА СВОЙСТВА МЕЛОВАЛЬНОЙ ПАСТЫ И БУМАГИ С ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**

Мелованные виды бумаги широко используют в различных отраслях промышленности. Их получают путем одностороннего или двухстороннего нанесения на поверхность бумаги меловальных паст. Качество мелованных видов бумаги существенно зависит от состава и свойств меловальных паст.

Традиционная технология мелования бумаги основана на использовании в составе меловальных паст пигментов, связующих веществ, диспергаторов и вспомогательных веществ (антисептиков, стабилизаторов, оптических отбеливателей, регуляторов текучести и pH, пеногасителей и других соединений).

Особую роль играют связующие вещества. Они участвуют в когезионных и адгезионных взаимодействиях. В первом случае они связывают частицы пигментов между собой, а во втором случае – частицы пигментов с поверхностью бумаги.

В качестве связующих веществ широко применяют природные соединения – крахмал и продукты его модификации, натрийкарбоксиметилцеллюлозу (Na-КМЦ) и казеиновый клей. Они являются доступными и недорогими. Технология приготовления из них рабочих эмульсий является несложной. Однако они имеют существенный недостаток, сущность которого заключается в снижении жизнеспособности меловальной пасты из-за нежелательного роста микроорганизмов. Последние вызывают появление на поверхности мелованной бумаги темных пятен и вкраплений различных размеров. Такая мелованная бумага является непригодной для дальнейшего использования.

В научной и технической литературе отсутствует информация о возможности замены природных связующих на синтетические, лишенные указанных недостатков. Это направление является перспективным и представляет научный и практический интерес, поскольку проблема использования синтетических связующих вместо природных является актуальной.

Для решения этой актуальной проблемы на кафедре химической переработки древесины впервые синтезирован карбамидоформальдегидный олигомер (КФО), отличающийся от известных аналогов по-

ниженным содержанием свободного формальдегида и дополнительно содержащий аминные и амидные группы.

Цель работы – изучение влияния синтетического связующего (карбаминоформальдегидного олигомера) на свойства меловальной пасты и бумаги с ее использованием.

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях изготовлены образцы меловальной пасты (таблица), отличающиеся содержанием связующих веществ – нового синтетического (карбаминоформальдегидного олигомера (КФО)) и известных природных.

**Таблица 1 – Состав и свойства меловальных паст**

Номер образца меловальной пасты	Вид и расход связующего				Свойства меловальной пасты	
	Крахмал, мас. ч.	На-КМЦ, мас.ч.	Казеиновый клей, мас. ч.	КФО, мас. ч.	Вязкость по ВЗ-4, с	Содержание сухих веществ, %
Образец 1	3	–	–	–	17	54
Образец 2	–	3	–	–	16	53
Образец 3	–	–	3	–	15	52
Образец 4	–	–	–	3	14	51
Образец 5	2	–	–	–	16	53
Образец 6	–	2	–	–	15	52
Образец 7	–	–	2	–	14	51
Образец 8	–	–	–	2	13	50

Установлено, что меловальные пасты (образцы 4 и 8), содержащие новое синтетическое связующее КФО, имеют свойства, сопоставимые традиционно применяемым меловальным пастам (образцы 1–3 и 5–7), когда в их составе присутствуют природные связующие.

Полученные мелованные образцы бумаги обладали регламентируемыми показателя качества. Их белизна составляла 83–85% (норма не менее 80%), впитываемость воды при одностороннем смачивании ( $K_{обб60}$ ) – 25–27 г/м<sup>2</sup> (норма не более 30 г/м<sup>2</sup>) и гладкость – 94–98 с (норма не менее 80 с). При этом в присутствии КФО показатели качества превосходили мелованные образцы бумаги, полученные с использованием традиционных меловальных паст.

Таким образом, установлена возможность замены в составе меловальной пасты природных связующих (крахмал и продукты его модификации, натрийкарбоксиметилцеллюлозу и казеиновый клей) на новое синтетическое (карбаминоформальдегидный олигомер). Свойства меловальной пасты и бумаги с ее использованием соответствуют регламентируемым значениям.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БУМАЖНОЙ МАССЫ НА СВОЙСТВА ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ

Газетная бумага пользуется высоким потребительским спросом. Она относится к многотоннажным видам продукции. Единственным производителем газетной бумаги в Республике Беларусь является РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов). Это предприятие входит в состав концерна «Беллесбумпром». Объемы произведенной продукция полностью удовлетворяют отечественный потребительский рынок и частично экспортируются в страны ближнего и дальнего зарубежья.

Для получения газетной бумаги используют термомеханическую массу (ТММ) собственного производства и целлюлозу белевую. Процентное соотношение этих видов волокнистого сырья регламентируется и составляет ТММ : целлюлоза = 70 : 30. Однако целлюлоза поставляется из других предприятий, что приводит к удорожанию производимой продукции. Кроме того, для улучшения белизны и печатных свойств газетной бумаги используются наполнители. При использовании наполнителей возникает технологическая проблема – повышение зольности газетной бумаги за счет увеличения степени удержания в ней наполнителя.

Поэтому научный и практический интерес представляет информация о возможности получения газетной бумаги с максимальным использованием в ней ТММ при одновременном повышении ее белизны и зольности. При этом повышение зольности напрямую зависит от степени удержания наполнителя в структуре газетной бумаги.

Цель исследования – изучение влияния вида и свойств волокнистого сырья на белизну газетной бумаги и степень удержания наполнителя в ее структуре.

Для достижения поставленной цели сначала получали индивидуальные 1%-ные волокнистые суспензии из ТММ и целлюлозы белевой, а затем составляли из них композиции, составы которых изменяли в соответствии с данными таблицы 1. После этого в приготовленные бумажные массы вводили необходимое количество 10%-ной суспензии наполнителя (диоксида титана), расход которой  $P_{\text{нап}}$  увеличивали от 5 до 15% от массы абсолютно сухого волокна. Для получения положительно заряженных частиц наполнителя использовали 5%-ный раствор электролита (полиоксихлорида алюминия). После тщательно-

го перемешивания бумажной массы в течение 5 мин из нее изготавливали газетную бумагу (образцы 1–12) на моделирующем оборудовании – листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» (Германия). Для полученных образцов бумаги, имеющих массовую нагрузку 45 г/м<sup>2</sup>, определяли по стандартным методиками разрывную длину РД, м, белизну Б,%, и степень удержания наполнителя СТУ, %. Результаты исследования представлены в таблице.

**Таблица 1 – Составы бумажных масс и свойства полученных из нее образцов газетной бумаги**

Номер образца бумаги	Составы бумажных масс, % от массы абсолютно сухого волокна			Свойства образцов газетной бумаги		
	ТММ	Целлюлоза	Наполнитель (P <sub>нап</sub> )	РД, м	Б, %	СТУ, %
Образец 1	70	30	5	3800	74	75
Образец 2	80	20		3480	73	72
Образец 3	90	10		3070	72	68
Образец 4	100	–		2750	70	64
Образец 5	70	30	10	3450	78	68
Образец 6	80	20		3270	76	65
Образец 7	90	10		2850	75	63
Образец 8	100	–		2600	74	59
Образец 9	70	30	15	3250	85	60
Образец 10	80	20		3140	83	56
Образец 11	90	10		2950	82	54
Образец 12	100	–		2550	80	52

Установлено, что увеличение содержания в бумажных массах ТММ от 70 до 100% и снижение содержания целлюлозы от 30% до нуля приводит к снижению разрывной длины образцов бумаги с 3800 до 2750 м при P<sub>нап</sub> = 5, с 3450 до 2600 м при P<sub>нап</sub> = 10 и с 3250 до 2550 м при P<sub>нап</sub> = 15. При этом для всех образцов газетной бумаги этот показатель соответствует регламентируемым значениям.

Увеличение расхода наполнителя с 5 до 15% от массы абсолютно сухого волокна сопровождается повышением белизны образцов бумаги с 70–74 до 80–85%. Этот положительный эффект можно объяснить повышением содержания наполнителя в структуре образцов бумаги, которое зависит от его расхода. Однако повышенный расход наполнителя, достигающий 15%, приводит к снижению степени его удержания СТУ в структуре образцов бумаги с 64–75 до 52–60%.

Таким образом, свойства образцов газетной бумаги зависят от композиционного состава бумажных масс по волокну и содержания в них наполнителя. Использование 100% термомеханической массы в технологии газетной бумаги является оправданным с технологической и экономической точек зрения.

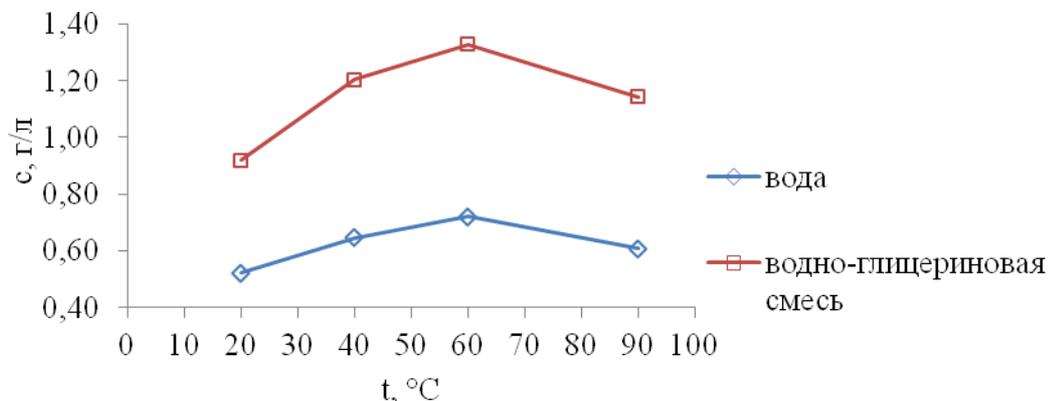
## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПЛОДОВ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ**

Рябина (арония) черноплодная – фармакопейный вид лекарственного растительного сырья, известный в медицине как поливитаминное средство, содержащее комплекс биологически активных веществ. Биологическая активность плодов черноплодной рябины преимущественно связана с содержанием в них веществ, обладающих Р-витаминной активностью, которые представлены группой флавоноидов (катехинами, антоцианами и флавонолами). Использование черноплодной рябины в косметической промышленности является перспективным направлением, так как флавоноиды способны защищать кожу от преждевременного старения, солнечных ожогов, угревой сыпи, вызванной микроорганизмами, снимать воспалительные процессы и уменьшать хрупкость кровеносных капилляров [1].

В состав косметических и пеномоющих средств могут входить водные, пропиленгликолевые, водно-спиртовые, водно-глицериновые растительные экстракты. Выбор экстракта зависит от вида косметического и пеномоющего средства, его компонентного состава и функционального назначения. Поэтому исследование влияния технологических параметров процесса экстракции (вид экстрагента, температуры и времени) на степень извлечения биологически активных веществ из плодов черноплодной рябины представляет научный интерес и является актуальным ввиду необходимости расширения ассортимента растительного сырья для использования в функциональной косметике. Стоит отметить, что плоды черноплодной рябины являются возобновляемым растительным сырьем, произрастающим на территории Республики Беларусь.

Для изучения влияния температуры экстракции плодов черноплодной рябины (сбор 2019 г, Воложинский район) на содержание сухих веществ в экстрактах процесс проводили при температуре 20, 40, 60 и 90°C при соотношении экстрагент : рябина, равном 15 : 1, в течение 2 ч [2]. В качестве экстрагента использовали воду дистиллированную и водно-глицериновую смесь (в : г = 1 : 1). Высушенные плоды ягод предварительно измельчали до размера частиц 2–3 мм. Содержа-

ние экстрактивных веществ в полученных экстрактах определяли по методике, описанной в ГОСТ 18078–72. Результаты исследования представлены на рисунке.



**Рисунок 1 – Зависимость содержания сухих веществ в экстрактах от температуры процесса экстракции**

Установлено, что повышение температуры до 60°C процесса способствует увеличению выхода экстрактивных веществ независимо от вида экстрагента. Однако использование водно-глицериновой смеси позволяет получить экстракт, содержащий в 2 раза больше сухих веществ. Это объясняется способностью глицерина, по сравнению с водой, сольватировать полифенольные молекулы антоцианов (со структурой пирокатехина и пирогаллола) за счет образования хелатных комплексов посредством водородной связи [3].

Таким образом, в косметических и пеномоющих средствах функционального назначения целесообразно использовать экстракт черноплодной рябины, полученный при следующих условиях: экстрагент – смесь воды и глицерина 1 : 1; соотношение экстрагент : рябина 15 : 1; температура экстракции 60°C; продолжительность 2 ч.

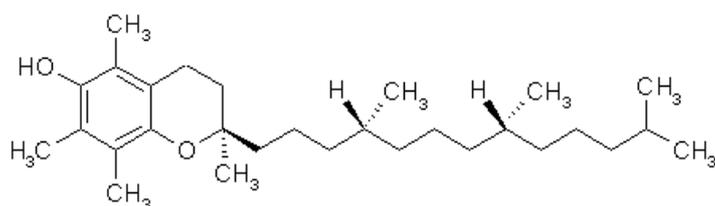
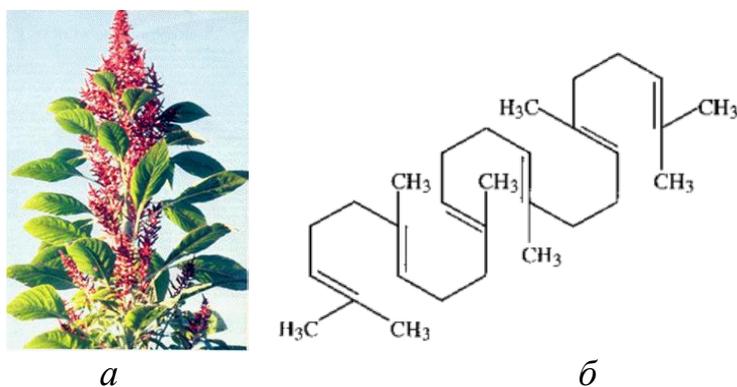
#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мазнев, Н. И. Энциклопедия лекарственных растений / Н. И. Мазнев // М.: Мартин, 2004. – 237 с.
2. Терлецкая, В. А. Влияние технологических факторов на процесс экстракции плодов рябины черноплодной / В. А. Терлецкая, Е. В. Рубанка, И. Н. Зинченко // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 4. – С. 127–131.
3. Муравьева, Д. А. Фармакогнозия / Д. А. Муравьева, И. А. Самылина, Г. П. Яковлев // Москва: Медицина, 2002. – 462 с.

## ВЛИЯНИЕ МАСЛА АМАРАНТА НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОСМЕТИЧЕСКОЙ ЭМУЛЬСИИ ПРЯМОГО ТИПА

Амарантовое масло является ценным функциональным ингредиентом косметических эмульсий ввиду наличия в нем в значительном количестве таких биологически активных веществ, как сквален (6–8%), который стимулирует естественную выработку коллагена, и токоферолы (113–192 мг %), выполняющие антиокислительную и антиоксидантную функции. В настоящее время амарант (рисунок 1) является перспективным растительным возобновляемым источником сквалена [1], поэтому исследование влияния содержания масла амаранта на показатели качества косметической эмульсии является актуальным.

В ходе исследования были приготовлены семь образцов косметической эмульсии (крема) прямого типа (м/в), различающихся содержанием амарантового масла (ООО «Дом соусов», Россия).



в

а – амарант, или щирица (псевдозлак, лат. *Amaránthus*);

б – сквален; в – токоферол

Рисунок 1 – Амарант и функциональные компоненты амарантового масла

Состав крема представлен в таблице.

**Таблица 1 – Состав крема**

Наименование компонента	Процентное содержание компонента, %
Вода питьевая	До 100
Цетилстеариловый спирт	5,00
Глицерилмоностеарат	2,00
Цетеарет-6	0,50
Этилгексилстеарат	2,50
Глицерин	3,00
Метилпарабен	0,30
Цетеарет-25	2,90
Масло амарантовое	0,00 / 3,00 / 5,00 / 10,00 / 15,00 / 20,00 / 25,00
Пропилпарабен	0,10
Отдушка	0,15

Были изучены органолептические и физико-химические показатели качества полученных кремов: внешний вид, цвет, запах, рН, коллоидная стабильность, термостабильность и кислотное число.

Полученные результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

- кремы, содержащие масло амаранта до 20%, соответствуют требованиям ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» и ГОСТ 31460-2012 «Кремы косметические. ОТУ»;

- амарантовое масло в количестве 3–15% придает крему молочный цвет, более 20% – светло-желтый;

- крем, содержащий до 10% масла амаранта, обладает хорошей впитываемостью, 15–20% – оставляет на коже жировую пленку;

- рН и кислотное число крема при увеличении содержания в нем амарантового масла изменяются незначительно и находятся в пределах требуемых значений;

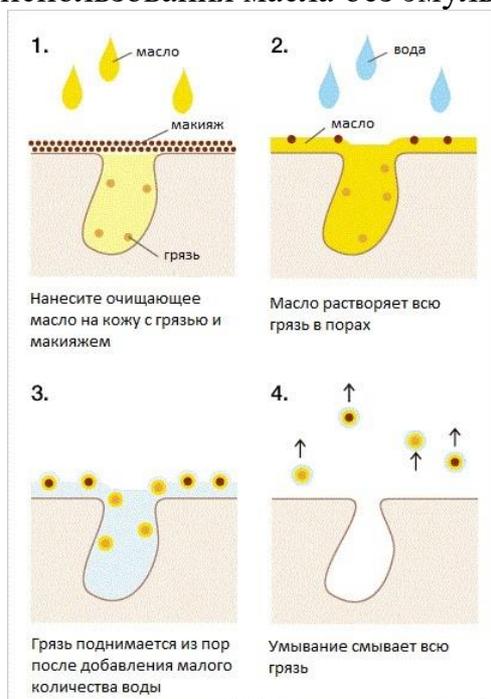
- в ходе дальнейшего исследования целесообразно изучить влияние времени хранения крема на его показатели качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Офицеров Е. Н. Амарант – перспективное сырье для пищевой и фармацевтической промышленности / Е. Н. Офицеров // Бутлеровские сообщения. – 2001. – Т. 2, № 5. – С. 1–4.

## ПОДБОР ЭМУЛЬГАТОРА ДЛЯ ГИДРОФИЛЬНОГО МАСЛА ДЛЯ УМЫВАНИЯ

Гидрофильное масло – это косметическое средство, предназначенное для умывания и снятия макияжа. Гидрофильное масло традиционно состоит из 85–90% растительных, эфирных и минеральных масел и 10–15% эмульгатора – поверхностно-активного вещества. Такое сочетание при контакте с водой превращает масло в эмульсию («молочко»), которая связывает и растворяет жиры на поверхности кожи и в устьях кожных пор, удаляет все виды декоративной косметики, не нарушая при этом естественный гидролипидный баланс, и легко смывается в отличие от использования масла без эмульгатора (рис. 1).



**Рисунок 1 – Механизм действия гидрофильного масла для умывания**

Подбор эмульгатора для масляной фазы гидрофильного масла осуществляли эмпирически с учетом требуемого гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) масляной фазы, ГЛБ эмульгатора и растворимости эмульгатора в обеих фазах – масле и воде.

На первом этапе исследования, исходя из физико-химических, органолептических и физиологических свойств растительных масел,

был разработан состав масляной фазы гидрофильного масла для увядающей кожи (табл. 1).

**Таблица 1 – Состав масляной фазы гидрофильного масла**

Растительное масло	ГЛБ масла	Содержание масла в масляной фазе, %
Масло миндаля	6	35
Масло виноградных косточек	7	10
Масло авокадо	7	25
Масло зародышей пшеницы	6,5	15
Требуемый ГЛБ: $6 * 0,35 + 7 * 0,1 + 7 * 0,25 + 6,5 * 0,15 = 5,525$		

Второй этап заключался в подборе эмульгатора, способного образовывать эмульсию («молочко») при смешивании масла с водой, эффективно удаляющую декоративные средства. В качестве объектов исследования были выбраны эмульгаторы Cithrol 10 GTIS (PEG – 20 Glyceryl Triisostearate, ГЛБ = 10,4), Твин 80 (Polyoxyethylene Sorbitan Monolaurate, ГЛБ = 15,0–15,6), Neowax SE PF (Glyceryl Stearate, Cetareth-20, Cetareth-12, Cetaryl Alcohol, Cetyl Palmitate, ГЛБ = 12) и Cetareth-20 (Polyethoxylated Alcohol, ГЛБ = 15,2) (табл. 2).

**Таблица 2 – Результаты оценки очищающей способности исследуемых гидрофильных масел**

Декоративное средство	Гидрофильное масло, содержащее эмульгатор (% ввода в масляную фазу)			
	Cithrol 10 GTIS (10)	Твин 80 (10)	Neowax SE PF (5)	Cetareth-20 (5)
Подводка-фломастер «Perfect color» (ООО «ЛЮКС-ВИЗАЖ»)	+/-	+/-	+/-	+/-
Жидкая матовая помада «NUDE Matte Complimenti» (ООО «Релуи Бел»)	+	+	+	+
Тушь для ресниц «Secret Mascara» (ООО «ЛЮКС-ВИЗАЖ»)	+	+	+	+
Помада для бровей «Color brow» (СООО «БЕЛОР-ДИЗАЙН»)	+/-	+/-	+	+
Примечание: «+» – гидрофильное масло полностью удаляет декоративное средство; «+/-» – гидрофильное масло частично удаляет декоративное средство				

Таким образом, наиболее эффективным эмульгатором для гидрофильного масла для умывания и удаления декоративных средств является эмульгатор Neowax SE PF (Cetyl Palmitate, Cetareth-12, Cetareth-20, Cetaryl Alcohol, Glyceryl Stearate).

студ. Т.В. Мешкевич, А.А. Толстяк  
Науч. рук. асс. Н.А. Герман,  
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ);  
доц. Е.В. Дубоделова  
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

В настоящее время использование твердого древесного биотоплива в энергетических целях является актуальным направлением, обеспечивающим ресурсосбережение таких дефицитных и дорогостоящих источников, как природный газ и нефть.

Традиционно в качестве сырья для получения твердого биотоплива используются отходы лесопиления и деревообработки, т.е. древесная биомасса, которая обладает высокой теплотворной способностью, а за счет достаточно высокого содержания в ней гемицеллюлоз и лигнина, которые являются природными связующими, обеспечивается образование формоустойчивых изделий. Аналогичным комплексом свойств обладают и другие виды растительного сырья, например, однолетние растения, такие как камыш и отходы от переработки хлопчатника, не находящие удовлетворительного практического применения.

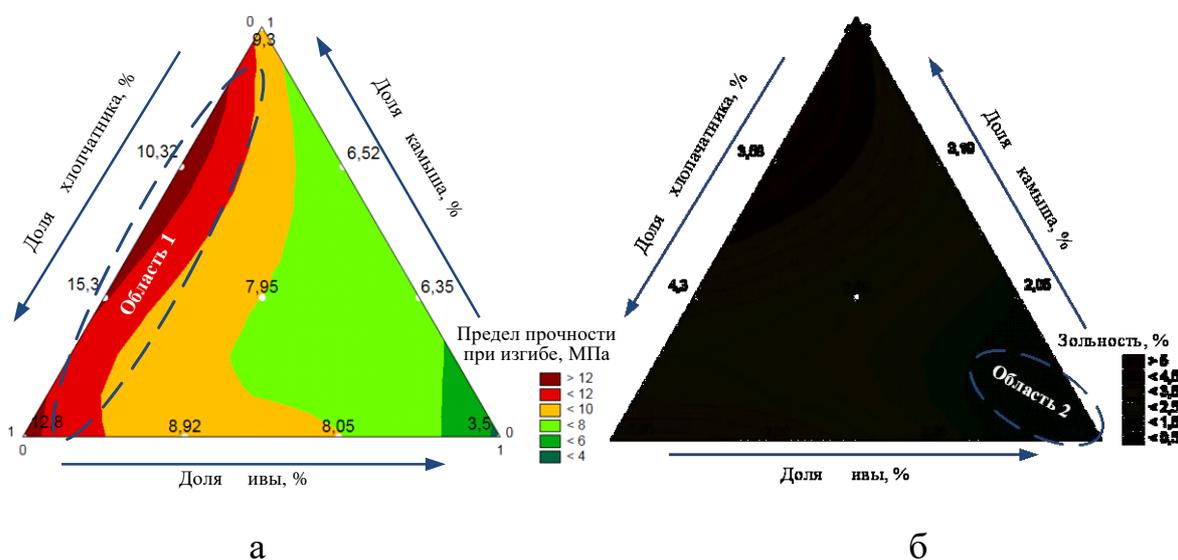
Согласно уровню требований единого европейского стандарта EN 14961-2 твердое биотопливо подразделяется на следующие классы – А1, А2, В, а в соответствии с СТБ 2027 – на 3 группы – 1,2,3. Отнесение к тому или иному классу (группе) определяется такими основными показателями качества, как зольность и механическая прочность, которые зависят, главным образом, от вида и свойств исходного древесного сырья.

Главным недостатком использования камыша и хлопчатника в качестве исходного сырья для получения биотоплива является достаточно большое содержание в них минеральных (при сжигании зольных) веществ – порядка 3–4%. Однако стоит заметить, что при сжигании твердого биотоплива в современных промышленных котлах с автоматическим золоудалением зольность перестает играть существенную роль.

Целью исследований является изучение влияния композиционного состава твердого биотоплива на его прочность и зольность с применением симплекс-решетчатых планов Шеффе, включающих графическую визуализацию результатов в виде «состав-свойство».

Расположение экспериментальных точек в факторном пространстве соответствует плану третьего порядка. Массовые доли хлопчатника, ивы и камыша в композиции твердого биотоплива варьировали от 0 до 100% согласно плану эксперимента.

На основании результатов исследований с применением программы STATISTICA было получено адекватное уравнение регрессии, характеризующее степень влияния каждого компонента и их попарных сочетаний на показатели предела прочности при изгибе и зольность твердого биотоплива. С использованием полученных уравнений регрессии были построены поверхности отклика, которые представлены на рисунке.



а – предел прочности при изгибе, МПа; б – зольность, %

**Рисунок 1 – Влияние компонентного состава твердого биотоплива на его физико-механические свойства**

Комплексная оценка результатов визуализации представлена в таблице.

**Таблица 1 – Комплексная оценка результатов анализа диаграмм «состав–свойство»**

Наименование показателя	Композиционный состав		
	хлопчатник, %	ива, %	камыш, %
Предел прочности при изгибе (Область 1), МПа	5–65	0–10	30–80
Зольность (Область 2), %	0–10	80–100	0–5

Из таблицы видно, что влияние каждого из компонентов имеет сложный и противоречивый характер на исследуемые свойства, но решив задачу оптимизации, возможно подобрать оптимальный состав для производства твердого биотоплива.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИАМИДНОЙ СМОЛЫ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

К числу основных проблем при производстве древесностружечных плит относится повышенное содержание свободного формальдегида в готовой продукции. Разработано большое количество способов снижения токсичности, но все их можно условно разделить на две группы: технологические и специальные. Технологическими называются способы, осуществление которых возможно путём изменения технологического режима той или иной операции, или введением новых технологических стадий на действующем предприятии. Специальными называются способы, осуществляемые путём применения особых бесформальдегидных связующих или введением специальных добавок, снижающих эмиссию формальдегида [1-2].

Наиболее эффективным способом снижения токсичности древесностружечных плит является введение акцепторов формальдегида, содержащих аминогруппу.

Для снижения свободного формальдегида в плитах выбрана полиамидная смола, которая представляет собой водный раствор полимера на основе амидов канифоли и продуктов поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином. Полиамидная смола вводится в состав связующего без изменения рецептуры его приготовления.

На рисунке 1 представлены экспериментальные данные по влиянию количества добавки на предел прочности древесностружечных плит при изгибе.

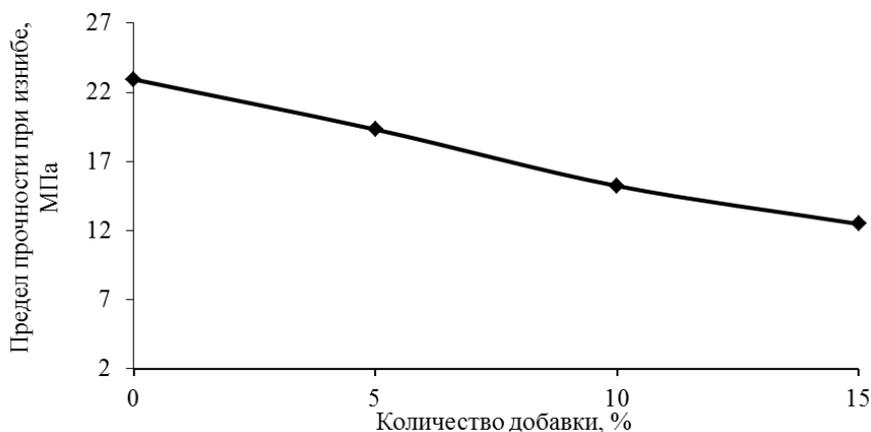
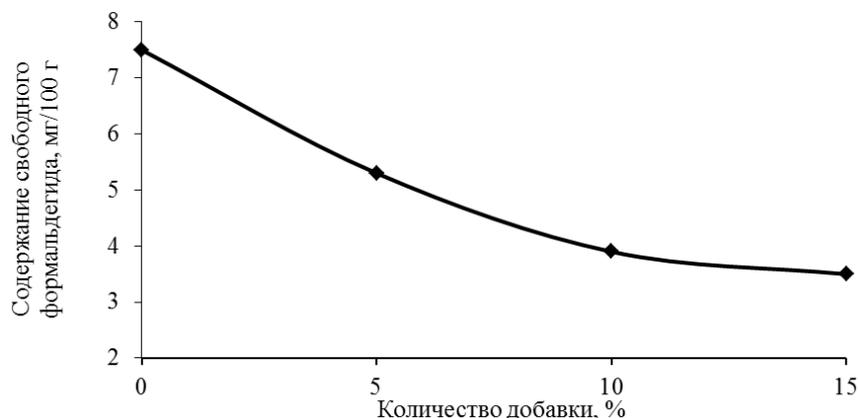


Рисунок 1 – Влияние добавки на предел прочность плит при изгибе

Как видно из рисунка 1, предел прочности древесностружечных плит при изгибе с увеличением количества добавки снижается, но при этом даже при максимально выбранном расходе добавки 15% предел прочности соответствует требованиям ГОСТ 10632-2014. Дальнейшее увеличение количества добавки приводит к снижению показателя ниже нормативного. Снижение прочности можно объяснить уменьшением количества свободного формальдегида в исходной смоле за счет взаимодействия полиамидной смолы со свободным формальдегидом.

На рисунке 2 представлены экспериментальные данные по влиянию количества добавки на содержание формальдегида в плитах.



**Рисунок 2 – Влияние добавки на содержание свободного формальдегида в плитах**

Как видно из графика на рисунке 2 плиты, полученные на основе смолы КФС марки КФС–110, относятся к классу эмиссии Е 1. При добавлении полиамидной смолы в состав связующего наблюдается снижение содержания свободного формальдегида. При этом плиты класса эмиссии Е 0,5 получаются при расходе полиамидной смолы 10%, дальнейшее увеличение расхода полиамидной смолы по нашему мнению не целесообразно, т.к. приводит к снижению прочностных получаемых плит и повышению их себестоимости за счет более высокой цены полиамидной смолы по сравнению с карбамидоформальдегидной смолой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волынский, В.Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит: учеб. пособие для вузов / В.Н. Волынский. – Таллинн: Дезидерата, 2004. – 192 с.

2. Леонович, А.А. Основные направления и принципы модифицирования древесных плит / А.А. Леонович. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 96 с.

## МОДИФИКАЦИЯ СТРУЖЕЧНО-КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА

Токсичность древесностружечных плит (ДСтП) вызвана выделением из них в окружающую среду канцерогенного газа – формальдегида. Обусловлено это использованием синтетических формальдегидсодержащих смол. В основном, такой смолой является карбамидоформальдегидная смола (КФС), которая содержит в своем составе значительное количество (до 0,1%) свободного формальдегида.

Свободный формальдегид частично выделяется из стружечного ковра с парогазовой смесью на стадии горячего прессования ДСтП, частично сорбируется древесиной. Из плит, формальдегид мигрирует в переменных условиях эксплуатации изделий (температура, влажность).

Наиболее эффективным способом снижения формальдегида является использование акцепторов формальдегида.

В качестве акцепторов формальдегида были использованы два соединения на основе марганца – СНОМ1 и СНОМ2. При изготовлении ДСтП они вводились в клеевую композицию перед ее нанесением на древесную стружку. Расход акцепторов составлял 2% и 5 % к абсолютно сухой смоле.

Таблица 1 - Влияние акцепторов формальдегида на физико-механические показатели и содержание свободного формальдегида в ДСтП

Вариант	Расход, % к а.с. смоле	Толщина, мм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, МПа	Разбухание, %	Водопоглощение, %	Содержание свободного формальдегида, мг/100 г а.с. плиты
Контроль		20,5	745	22,6	34,5	93,8	8,9
СНОМ1	2	19,5	764	25,2	30,0	89,0	7,6
СНОМ2	2	19,8	762	27,2	21,9	95,6	5,2
СНОМ1	5	21,1	750	23,3	29,6	91,8	3,5
СНОМ2	5	20,0	746	20,3	15,8	88,9	0,7

Для подтверждения существенности различий средних значений наиболее важного показателя – содержания свободного формальдегида, была проведена соответствующая статистическая обработка результатов исследований в отношении контрольного варианта и наиболее эффективного СНОМ1 с расходом модификатора 5% к а.с. смоле. Результаты статистической обработки приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Оценка существенности различий содержания свободного формальдегида в ДСтП**

Наименование параметра	Вариант	
	Контроль	СНОМ1
Среднее значение	8,9	3,5
Дисперсия	0,43	0,06
Среднеквадратичное отклонение	0,66	0,24
Относительное среднеквадратичное отклонение, %	7,34	6,70
Погрешность измерения значения показателя	0,75	0,27
Границы доверительного интервала:		
нижняя	8,17	3,25
верхняя	9,68	3,80

Как показывает анализ таблицы, оценка погрешности измерения при доверительной вероятности  $\alpha=0,95$  и последующий расчет доверительных интервалов доказывает существенное различие средних значений содержания свободного формальдегида по рассматриваемым вариантам.

Использование акцепторов на основе марганца в целом повышает физико-механические показатели плит. Использование СНОМ2 при расходе 2% позволяет увеличить прочность плит с 22,6 до 27,2 МПа и снизить разбухание с 34,5 до 21,9 %. Аналогичный, но в меньшей степени эффект дает применение СНОМ1. Оба модификатора эффективно уменьшают содержание свободного формальдегида в плитах, в наибольшей степени при расходе 5%. Этот показатель снижается с 8,9 до 3,5 мг/100 г а.с. плиты при использовании СНОМ1. Этот вариант оптимален с точки зрения сохранения прочности и водостойкости ДСтП. Таким образом, становится возможным получение ДСтП класса эмиссии E 0,5.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович, А. А Физико-химические основы образования древесных плит. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 192 с.

выпускник Я.Ю. Журавлева

Науч. рук. доц. А. И. Клындюк, доц. Е. А. Чижова  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)**ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ  
NdBaCoFeO<sub>5+δ</sub> + УНТ**

Кислородсодержащие слоистые перовскиты (КСП) типа A'A''B'B''O<sub>5+δ</sub> (A' – редкоземельный элемент (РЗЭ), A'' – щелочноземельный элемент (ЩЗЭ), B', B'' – 3-d металл), могут образовываться при различном сочетании элементов A', A'', B', B'' и обладают широкой областью гомогенности по кислороду ( $0 \leq \delta \leq 1$ ), благодаря чему демонстрируют широкий комплекс магнитных, электротранспортных и диэлектрических свойств и находят применение в различных областях науки и техники, в частности, в качестве компонентов *p*-ветвей высокотемпературных термоэлектрогенераторов (ТЭГ), катодных материалов средне- и высокотемпературных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), рабочих элементов химических полупроводниковых газовых сенсоров, а также катализаторов окисления углеводородов [1].

Улучшения функциональных характеристик КСП достигают варьированием их катионного или анионного состава, а также введением в них различных добавок, в качестве которых могут выступать микро- и наночастицы простых и сложных оксидов металлов, благородных металлов, а также наноразмерных форм углерода (фуллерены, углеродные нанотрубки и т. д.).

В настоящей работе изучено влияние добавки углеродных нанотрубок (УНТ) на электротранспортные свойства КСП NdBaCoFeO<sub>5+δ</sub>.

Композиты состава NdBaCoFeO<sub>5+δ</sub> + *x* мас. % УНТ (*x* = 0,5; 1,0; 2,0) получали спеканием смеси базового КСП – слоистого феррокобальтита неодима – бария, синтезированного по методике [2] с УНТ на воздухе в течение 5 ч при температуре 1173 С°. Электропроводность ( $\sigma$ ) и термо-ЭДС (*S*) слоистых композитов NdBaCoFeO<sub>5+δ</sub> изучали на воздухе в интервале температур 800–1100 К по методикам, описанным в [2].

Найдено, что полученные материалы состава NdBaCoFeO<sub>5+δ</sub> + *x* мас. % УНТ (*x* = 0,5; 1,0; 2,0) как и базовая фаза NdBaCoFeO<sub>5+δ</sub> являются полупроводниками *p*-типа, величина удельной электропроводности которых при увеличении содержания в них УНТ уменьшается от 39,0 См/см для *x* = 0 до 3,86 См/см для *x* = 2 мас. %, а коэффициент

термо-ЭДС возрастает от 23,5 мкВ/К для  $x = 0$  до 115 мкВ/К для  $x = 2$  мас. %.

При этом в области температур 500–800 К наблюдается аномалия электротранспортных свойств керамики, заключающаяся в изменении характера их электропроводности от полупроводникового к металлическому, что сопровождается изменением знака  $\partial S/\partial T$ . Температура обнаруженной аномалии возрастает при увеличении содержания в композитах УНТ. Согласно [2], эта аномалия обусловлена началом выделения из  $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta}$  слабосвязанного кислорода ( $\delta$ ). Поскольку введение в  $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta}$  УНТ не влияет на его термическую стабильность, увеличение температуры аномалии для композитов  $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta} + x$  мас. % УНТ при возрастании  $x$ , очевидно, обусловлено возрастанием концентрации межфазных границ  $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta}$  – УНТ, что сглаживает эффект от снижения концентрации основных носителей заряда – «дырок» – в этих материалах.

Анализ температурных зависимостей  $\sigma$  и  $S$  исследованных материалов позволяет сделать заключение о том, что основными носителями заряда в них являются поляроны малого радиуса [3], энергия возбуждения которых изменяется в пределах 0,010–0,050 эВ и возрастает с ростом содержания УНТ в образцах, а энергия активации миграции возрастает в пределах 0,063–0,094 эВ, уменьшаясь при возрастании содержания УНТ от 0 до 1 мас. % и возрастая для образца с добавкой 2 мас. % УНТ.

Из анализа зависимостей  $S = f(\ln\sigma)$  для композитов  $\text{NdBaCoFeO}_{5+\delta} + x$  мас. % УНТ следует, что величина заряда основных носителей заряда в них в два раза превышает заряд электрона, то есть носителями заряда являются биполяроны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Klyndyuk A. I. Perovskite-Like Oxides 0112 Type: Structure, Properties, and Possible Applications / A. I. Klyndyuk // *Advances in Chemistry Research*. V. 5. Ed. By J.C. Taylor. Nova Science Publishers. – New York. – 2010. – P. 59–105.
2. Клындюк А. И. Синтез и свойства  $\text{LnBaFeCoO}_{5+\delta}$  ( $\text{Ln} = \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}$ ) / А. И. Клындюк, Е. А. Чижова // *Неорганические материалы*. – 2013. – Т. 49. – № 3. – С. 326–332.
3. Мотт, Н. Электронные процессы в некристаллических веществах / Н. Мотт, Э. Дэвис. – М.: Мир. 1982. 368 с.

**ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ В СИСТЕМЕ CaO – Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>**

Слоистый кобальтит кальция Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9+δ</sub> является перспективной основой для разработки материалов *p*-ветвей высокотемпературных термоэлектрогенераторов, при этом функциональные характеристики этого слоистого оксида могут быть улучшены путем легирования его оксидами редкоземельных, переходных или тяжелых металлов, использованием специальных методик спекания керамики, а также формированием композитов за счет введения в керамику различных добавок, в качестве которых могут выступать частицы простых и сложных оксидов металлов, полупроводников, диэлектриков, а также благородных металлов.

Получить композиты на основе Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9+δ</sub> можно либо путем введения добавки второй фазы в синтезированный однофазный материал, либо использованием шихты состава, выходящего за пределы области гомогенности слоистого кобальтита кальция [1].

В данной работе с целью разработки термоэлектрических материалов на основе слоистого кобальтита кальция с улучшенными характеристиками синтезированы композиционные материалы состава Ca<sub>2.4</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9+δ</sub> – Ca<sub>3</sub>Co<sub>3.4</sub>O<sub>9+δ</sub>, исследованы их электротранспортные и термоэлектрические свойства.

Керамические материалы состава Ca<sub>3-x</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9+δ</sub>, Ca<sub>3</sub>Co<sub>4-y</sub>O<sub>9+δ</sub> ( $x, y = 0, 0.2, 0.4, 0.6$ ) синтезировали из CaCO<sub>3</sub> (ч.) и Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (ч.д.а.) при температуре 1173 К в течение 12 ч, затем подвергали спеканию при температуре выше температуры перитектоидного распада с последующим длительным низкотемпературным отжигом [2].

Согласно данным рентгенофазового анализа (рентгеновский дифрактометр Bruker D8 XRD Advance), образцы с избытком кальция (Ca:Co > 3:4) наряду с фазой Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9+δ</sub> содержали примесную фазу Ca<sub>3</sub>Co<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, а с недостатком кальция (Ca:Co < 3:4) – фазы оксидов кобальта CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; количество примесных фаз возрастало при увеличении отклонения соотношения кальция и кобальта в образцах от квазистехиометрического (Ca:Co = 3:4). Согласно данным сканирующей электронной микроскопии (сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM – 5610LV (Япония)), кристаллиты основной фазы – Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9+δ</sub> – имели характерную форму чешуек с размером то 5 до 25

мкм, причем широкой стороной чешуйки были ориентированы преимущественно в направлении, перпендикулярном оси прессования, что указывает на частичное текстурирование керамики.

Кажущаяся плотность керамики  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ , рассчитанная по массе и геометрическим размерам образцов, составила  $4.13 \text{ г/см}^3$ , а для композитов была меньше и изменялась в пределах  $3.73\text{--}3.98 \text{ г/см}^3$ , что указывает на ухудшение спекаемости керамики при создании в ней фазовой неоднородности.

Электропроводность ( $\sigma$ ) керамики носила слабо выраженный металлический характер ( $\partial\sigma/\partial T < 0$ ), основными носителями заряда в ней были «дырки» ( $S > 0$ ). Значения электропроводности и коэффициента термо-ЭДС ( $S$ ) исследованных материалов немонотонно изменялись при изменении их катионного состава, при этом наибольшие значения электропроводности ( $50\text{--}70 \text{ См/см}$ ) наблюдали для образцов  $\text{Ca}_{2.4}\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ ,  $\text{Ca}_3\text{Co}_{3.8}\text{O}_{9+\delta}$  и  $\text{Ca}_3\text{Co}_{3.6}\text{O}_{9+\delta}$ , а коэффициента термо-ЭДС – для композита  $\text{Ca}_{2.8}\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  ( $\approx 240 \text{ мкВ/К}$  в области температур  $900\text{--}1000 \text{ К}$ ). Величина фактора мощности керамики, вычисленного по формуле  $P = S^2 \cdot \sigma$ , немонотонно изменялась при изменении температуры и катионного состава образцов и достигала максимальных значений –  $\approx 180 \text{ мкВт/(м}\cdot\text{К}^2)$  в интервале температур  $850\text{--}950 \text{ К}$  – для композитов  $\text{Ca}_3\text{Co}_{3.6}\text{O}_{9+\delta}$  и  $\text{Ca}_3\text{Co}_{3.8}\text{O}_{9+\delta}$ , что на 80% больше, чем для базового слоистого кобальтита кальция  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  ( $\approx 100 \text{ мкВт/(м}\cdot\text{К}^2)$  вблизи  $900 \text{ К}$ ).

Таким образом, полученные нами результаты указывают на возможность улучшения термоэлектрических свойств керамики на основе  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  путем создания в ней фазовой неоднородности, что подтверждает правильность предложенного в [1] подхода.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (подпрограмма «Материаловедение и технологии материалов»), задание 1.55).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Klyndyuk, A. Thermoelectric Properties of Inhomogeneous Ceramics Based on the Layered Calcium Cobaltate / A. Klyndyuk, E.Chizhova, I. Matsukevich, E. Tugova // Universal Journal of Materials Science. – 2019. – Vol. 7. – N4. – P. 43–53.

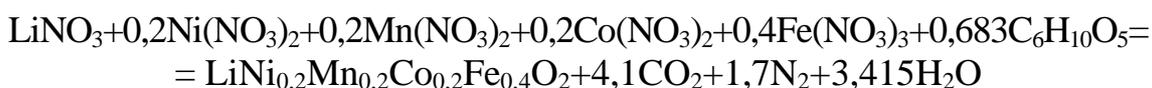
2. Крищук, А.В. Влияние термической предыстории на термоэлектрические характеристики слоистого кобальтита кальция / А.В. Крищук // Мат. XXVII Межд. научно-практич. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» (ФКС – XXVII)», г. Гродно, 18 апреля 2019 г.– Гродно, ГрГУ– С. 46–48.

студ. А.В. Широкова, М.А. Курилович  
Науч. рук. асс. Е.К. Юхно, доц. А.И. Клындюк  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## СИНТЕЗ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Fe})\text{O}_2$ МЕТОДОМ СЖИГАНИЯ ГЕЛЯ

В настоящее время в большинстве литий-ионных аккумуляторов, являющихся предпочтительными источниками тока для современных электронных устройств, положительный электрод часто изготавливают из  $\text{LiCoO}_2$ . Попытки частичного замещения кобальта на никель, марганец и железо связаны с поиском более дешевых и экологически безопасных материалов для литий-ионных аккумуляторов [1, 2]. При этом практическую значимость имеет поиск оптимального метода синтеза для получения однофазного соединения  $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Fe})\text{O}_2$ .

В настоящей работе синтез  $\text{LiNi}_{0,2}\text{Mn}_{0,2}\text{Co}_{0,2}\text{Fe}_{0,4}\text{O}_2$  проведен методом сжигания геля [1]. Взятые в стехиометрическом соотношении исходные реагенты  $\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (5% избыток),  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  растворяли в дистиллированной воде при интенсивном перемешивании. Затем полученную смесь переносили в керамическую чашу, добавляли взятый с 10% избытком восстановитель  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  (крахмал) и упаривали при 90 – 120°C в лабораторной электропечи до образования гелеподобной массы. Затем повышали температуру до 150°C, что приводило к волнообразному воспламенению полученной массы с выделением газообразных продуктов и образованием черных хлопьев. Уравнение протекающей при этом реакции можно представить следующим образом:



Далее перетертые в порошок хлопья черного цвета отжигали по 5 ч при 300, 500 и 800°C. Полученный порошок может быть использован как катодный материал Li-ионных аккумуляторов [2].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Синтез твердого раствора  $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Fe})\text{O}_2$  методом сжигания геля / Г.Д. Нипан [и др.] // Журн. неорг. химии. – 2019. – Т. 64, № 10. – С. 1111–1115.
2. Твердый раствор со структурой  $\alpha\text{-NaFeO}_2$  в системе  $\text{Li}_{1+y}\text{CoO}_2 - \text{Li}_{1+y}\text{MnO}_2 - \text{Li}_{1+y}\text{NiO}_2 - \text{Li}_{1+y}\text{FeO}_2$  / Г.Д. Нипан [и др.] // Журн. неорг. хим. – 2020. – Т. 65. – № 4. – С. 534–541.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЕЛ ПЕРЕНОСА ИОНОВ В ПРОВОДНИКАХ ВТОРОГО РОДА

Для использования проводников второго рода (растворов электролитов, ионных расплавов, твердых электролитах) в качестве компонентов различных электрохимических устройств (химические источники тока, электролизеры и т.д.) необходимо знание чисел переноса ионов в этих материалах.

Числа переноса ионов в растворах электролитов чаще всего определяют при помощи *метода Гитторфа*, *метода движущейся границы* или *метода центрифугирования*. Первый из методов наиболее распространен и основан на определении изменения концентраций ионов в катодном и анодном пространствах раствора электролита при пропускании через него электрического тока. Корректное определение чисел переноса в том случае возможно, если в системе не протекают какие-либо побочные процессы (например, с участием молекул (или ионов) растворителя); кроме того, сила тока и время его пропускания должны быть не очень велики, чтобы избежать роста погрешности за счет выравнивания концентрации электролита вследствие диффузии или турбулентного перемешивания. Во втором методе числа переноса определяют, следя за перемещением границы раздела двух растворов (исследуемого и вспомогательного) при протекании через них тока. Точность метода во многом определяется четкостью (контрастностью) перемещающейся границы раздела фаз. Третий из методов требует специального оборудования и применим для ограниченного числа электролитов.

Определение чисел переноса ионов в твердых электролитах осуществляют при помощи прямых методов, к которым относятся *метод Тубандта* и *метод блокирующих электродов (ионных фильтров)*, а также косвенных методов, наиболее распространенным среди которых является *сравнение электродвижущих сил* различных гальванических элементов, в которых электролитами являются исследуемый и сравнительный твердый электролит.

Учитывая ограничения и погрешности различных методов определения чисел переноса ионов, для более корректного и точного их определения рекомендуется использовать результаты, полученные при использовании нескольких (как минимум двух) методов.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ТИОМОЧЕВИНЫ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЕ СПЛАВА МЕДЬ-ОЛОВО ИЗ СУЛЬФАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Сплавы меди с оловом представляют собой материалы, которые обладают значительной износо- и коррозионной стойкостью, ковкостью, пластичностью. По своим физико-механическим характеристикам гальванопокрытия сплавами Cu-Sn схожи с Ni, что дает возможность применять их в целях коррозионной защиты и декоративной отделки изделий различного назначения. Для нанесения покрытия Cu-Sn разработано большое количество электролитов, среди которых наиболее простыми являются сернокислые электролиты. Для получения высококачественных покрытий в электролите необходимо наличие специальных добавок. Среди большого количества органических добавок, тиомочевина является наиболее доступной и широко используемой добавкой в электролитах для нанесения гальванических покрытий.

Цель работы – исследование влияния добавки тиомочевины на зародышеобразование сплава Cu-Sn в сернокислом электролите.

В таблице 1 представлен состав исследуемого электролита. Катодами и анодами служили медные пластины. Циклические вольтамперограммы (ЦВА) платинового электрода снимали при скорости развертки 5 мВ/с. В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребрянный электрод. Рабочим электродом при снятии хроноамперограмм служил медный электрод.

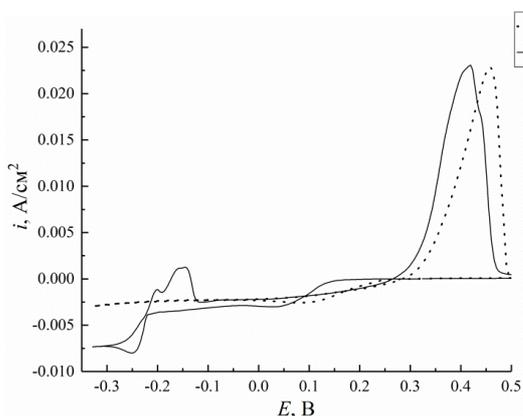
**Таблица 1 – Состав электролита для нанесения покрытий Cu-Sn**

Компонент	Концентрация, г/дм <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	40
SnSO <sub>4</sub>	40
Тиомочевина	0,001

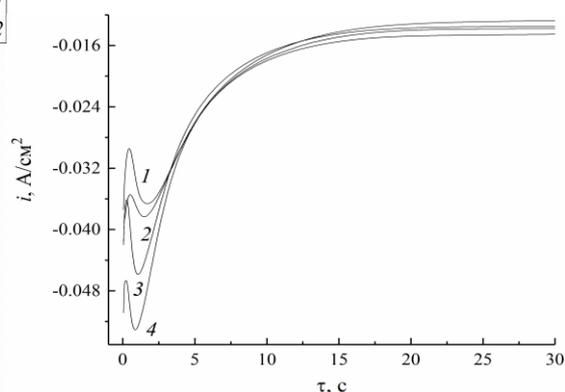
На рисунке 1 представлены ЦВА платинового электрода в исследуемом электролите содержащем ионы меди(II) ( рисунок 1 кривая 1) и в электролите содержащем дополнительно ионы олова(II) ( рисунок 1 кривая 2). Введение ионов олова приводит к увеличению катодной плотности тока в области предельного тока диффузии меди, что обу-

словлено протеканием подпотенциального осаждения олова. При потенциалах отрицательнее  $-0,22$  В наблюдается протекание процесса разряда ионов олова(II).

На рисунке 2 представлены хроноамперограммы медного электрода, полученные в базовом электролите и электролите для нанесения Cu-Sn.



**Рисунок 1 – Циклическая вольтамперограмма платинового электрода в электролите меднения (1) и в электролите бронзирования (2)**



Потенциал осаждения, В:  
1 – 0,0; 2 – 0,02; 3 – 0,04.  
**Рисунок 2 – Хроноамперограммы медного электролита**

На полученных  $i-t$  зависимостях в начальный момент времени наблюдаются максимумы тока, которые характерны при трехмерном (3D) росте зародышей. При данном типе электрокристаллизации происходит увеличение истинной поверхности электрода, вследствие чего увеличивается значение катодной плотности тока. Дальнейшее уменьшение плотности тока во времени обусловлено перекрыванием диффузионных зон растущих кластеров, вследствие чего значение истинной площади поверхности электрода стремится к ее геометрическому значению. Увеличение потенциала осаждения приводит к увеличению значений токов максимума и уменьшению времени их появления, что обусловлено образованием большого количества зародышей.

Таким образом, в сернокислом электролите для нанесения сплава Cu-Sn содержащем тиомочевину, в начальный момент времени происходит 3D рост зародышей сплава контролируемых стадией диффузии.

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ Cu-Sn-TiO<sub>2</sub>

Гальванические покрытия на основе сплавов меди с оловом используются в электротехнике, автомобильной промышленности, в производстве нагревательных устройств.

Одним из направлений совершенствования функциональных свойств покрытий полученных электрохимическим способом, среди которых повышение твердости и износостойкости, обеспечение самосмазывания и др., является модификация их различными наночастицами соединений различной природы. Композиционные электрохимические покрытия получают путем соосаждения из электролитов-суспензий, содержащих нерастворимые частицы инертной фазы. В зависимости от назначения покрытий, в качестве наполнителя можно использовать частицы TiO<sub>2</sub>, УДА, SiO<sub>2</sub> и др. На основе оловянистых бронз разработаны гальванические композиционные покрытия Cu-Sn-SiC, Cu-Sn-графит, обладающие улучшенными трибологическими и физико-механическими свойствами. В качестве инертной фазы при получении электрохимических композиционных покрытий перспективным материалом является оксид титана(IV), который нерастворим во многих жидких средах, что позволяет использовать электролиты самого различного состава.

**Таблица 1 – Состав электролита для нанесения покрытий Cu-Sn-TiO<sub>2</sub>**

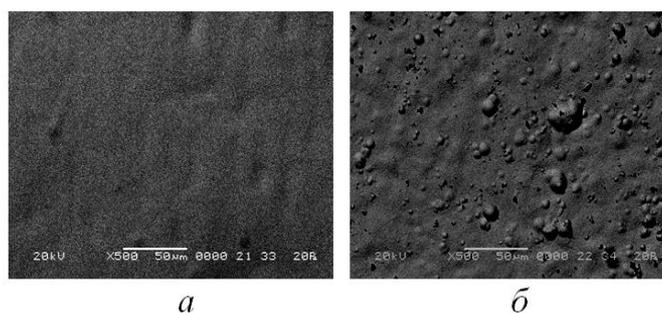
Компонент	Концентрация, г/дм <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100,0
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	40,0
SnSO <sub>4</sub>	40,0
Тиомочевина	0,01
TiO <sub>2</sub> (p25)	0,0–10,0

Целью данной работы является изучение влияния добавок наночастиц TiO<sub>2</sub> на физико-механические и коррозионные свойства композиционных гальванических покрытий Cu-Sn-TiO<sub>2</sub>, полученных в сернокислом электролите.

В таблице 1 представлен состав электролита для получения композиционного электрохимического покрытия Cu-Sn-TiO<sub>2</sub>.

Осаждение покрытий проводили в потенциостатических условиях при значении катодного потенциала  $-0,05$  В относительно стандартного водородного электрода.

На рисунке 1 представлены микрофотографии покрытий Cu-Sn (рисунок 1 *а*) и Cu-Sn-TiO<sub>2</sub> (рисунок 1 *б*). Из базового электролита, не содержащего частиц TiO<sub>2</sub>, формируются гладкие и однородные покрытия. Введение в сернокислый частиц TiO<sub>2</sub> в количестве 10 г/дм<sup>3</sup> приводит к получению покрытий с кристаллитами сферической формы.



**Рисунок 1 – Микрофотографии покрытий Cu-Sn (*а*) и Cu-Sn-TiO<sub>2</sub> (*б*)**

Введение частиц TiO<sub>2</sub> приводит к увеличению микротвердости от 265 до 325 HV осаждаемых покрытий, что обусловлено эффектом дисперсионного упрочнения. Коррозионные исследования в 3 % растворе NaCl показали, что композиционные покрытия Cu-Sn-TiO<sub>2</sub> обладают более высокими значениями токов коррозии, чем покрытия Cu-Sn.

Таким образом, введение в электролит наночастиц TiO<sub>2</sub> способствует увеличению твердости формируемых покрытий на 22% и уменьшению коррозионной устойчивости на 15%

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Makarova, I. Nickel-nanodiamond coatings electrodeposited from tartrate electrolyte at ambient temperature / I. Makarova, I. Dobryden, D. Kharitonov, A. Kasach, J. Ryl, E. Repo, E. Vuorinen //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Vol. 380. – P. 125063.

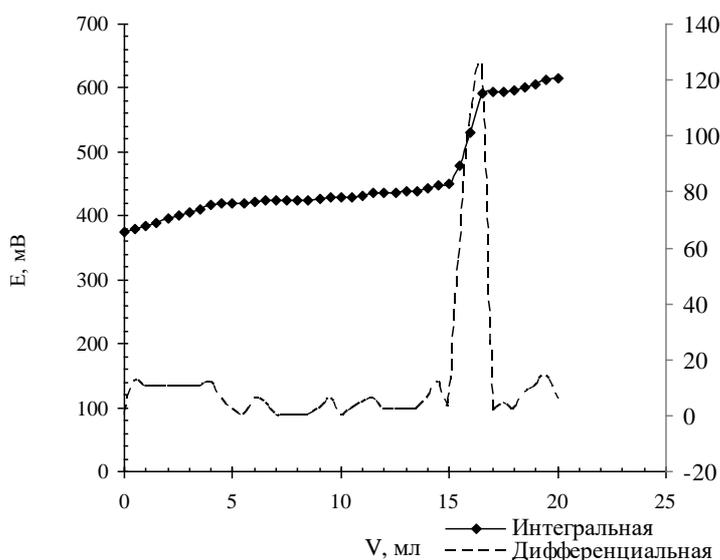
2. Касач, А. А. Влияние ультразвукового воздействия на физико-химические и трибологические свойства электрохимических покрытий Cu-Sn-TiO<sub>2</sub> / А. А. Касач, Д. С. Харитонов, А. Wrzesińska, I. Bobowska, А. А. Предко, В. И. Романовский, И. М. Жарский, И. И. Курило // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2020. – Т. 56. – №. 2. – С. 208–214.

студ. А.И. Пчельников, Е.В. Красовский  
Науч. рук. доц. Н.А. Коваленко  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАЦЕТАМОЛА В ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВАХ

Одним из рекомендуемых жаропонижающих и болеутоляющих средств при лечении коронавируса COVID-19 является парацетамол (1-окси-4-ацетиламинобензол, п-ацетаминофенол). Фармакопейным методом количественного определения парацетамола является нитритометрия с фиксированием конечной точки титрования с помощью иодкрахмальной бумаги после кислотного гидролиза парацетамола. Цель настоящей работы – нитритометрическое определение парацетамола с потенциометрическим фиксированием конечной точки титрования.

Стандартный раствор нитрита натрия с  $C(1/1 \text{ NaNO}_2) = 0,1004$  моль/л готовили растворением навески кристаллического  $\text{NaNO}_2$  с последующей стандартизацией по раствору  $\text{KMnO}_4$  с  $C(1/5 \text{ KMnO}_4) = 0,05000$  моль/л. Водный раствор парацетамола готовили растворением точной навески таблеток парацетамола производства ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов» после измельчения препарата. В качестве индикаторного электрода использовали платиновый электрод. Электродом сравнения являлся хлоридсеребрянный электрод.



**Рисунок 1 – Интегральная и дифференциальная кривые потенциометрического титрования продукта кислотного гидролиза парацетамола стандартным раствором  $\text{NaNO}_2$**

Содержание парацетамола по результатам определения в препарате составляло 94,2%.

Таким образом, потенциометрическое фиксирование конечной точки титрования позволяет существенно уменьшить временные затраты на проведение анализа и повысить точность определения парацетамола.

УДК 543.555.4

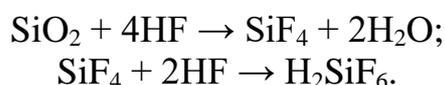
студ. Д.В. Калейник, Н.А. Золотарев

Науч. рук. доц. Н.А. Коваленко

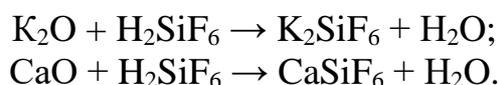
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ КИСЛОТНОСТИ ТРАВИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ**

Химическая обработка хрустальных изделий включает в себя стадию полирования рисунков алмазной резьбы, имеющих после грабления шлифованный вид. Сущность химического полирования заключается во взаимодействии стекла со смесью плавиковой и серной кислот, входящих в состав травильных растворов. Преобладающее влияние на химическое полирование стекла оказывает плавиковая кислота. Вступая в реакцию со стеклом, она образует газообразный фторид кремния и фториды металлов по следующей схеме:



При этом разрушается кремнекислородная основа стекла, и оксиды металлов, входящих в состав стекла, легче вступают в реакцию с образованной кремнефтористоводородной кислотой:



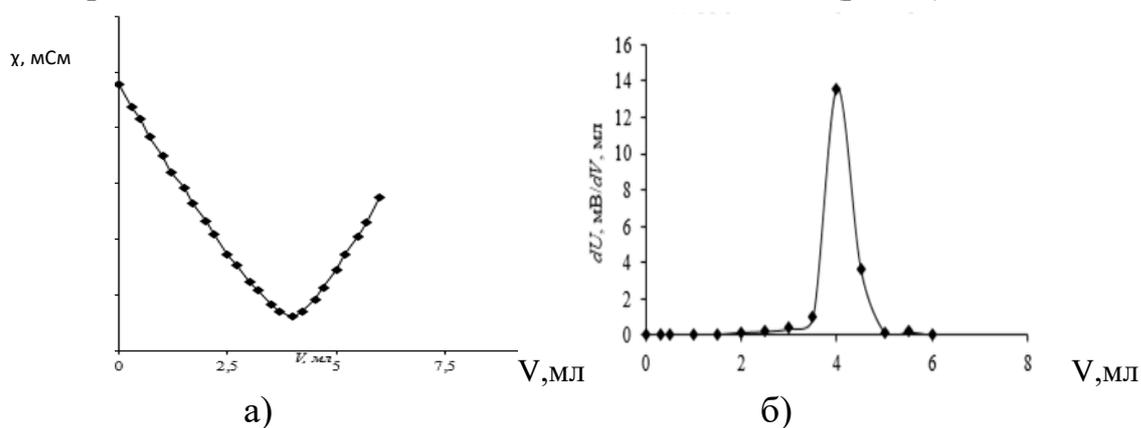
Входящая в состав травильных растворов серная кислота взаимодействует с выделяющимися фторидами и кремнефторидами, превращая их в легкосмываемые сульфаты. За счет протекания этих и других реакций наблюдается растворение микронеровностей стекла, что приводит к получению прозрачной блестящей поверхности хрустальных изделий.

Одним из параметров, позволяющих контролировать процесс химического полирования хрустальных изделий, является определе-

ние общей кислотности травильного раствора. Чаще всего этот параметр определяют методом кислотно-основного титрования с визуальной фиксацией конечной точки титрования. В качестве индикатора используют фенолфталеин.

Цель настоящего исследования – разработать методику определения общей кислотности методом кондуктометрического титрования, обладающим высокой чувствительностью, экспрессностью и объективностью полученных результатов.

Для установления оптимальных условий определения общей кислотности были сняты кривые кондуктометрического титрования травильного раствора стандартными растворами гидроксида натрия различной концентрации. Установлено, что использование растворов с концентрацией  $\approx 0,1-0,2$  моль/л нецелесообразно из-за «размывания» кривой вблизи точки эквивалентности. Титрование более концентрированными растворами позволяет с достаточной точностью установить объем титранта, пошедший на реакцию кислотами травильного раствора. Оптимальной концентрацией стандартного раствора гидроксида натрия является  $0,4-0,5$  моль/л (рис. а).



**Рисунок 1 – Кривые кислотно-основного титрования травильного раствора стандартным раствором NaOH с  $C(\text{NaOH})=0,4138$  моль/л**  
**а) кривая кондуктометрического титрования;**  
**б) кривая потенциометрического титрования.**

Полученные данные кондуктометрического титрования были подтверждены результатами потенциометрического титрования. Согласно данным рис. б), на дифференциальной кривой потенциометрического титрования травильного раствора наблюдается один скачок, соответствующий оттитровыванию суммы кислот.

По результатам обоих определений объемы титранта NaOH, пошедшего на реакцию с кислотами травильного раствора, в точности совпадают.

Таким образом, разработанная методика кондуктометрического титрования позволяет быстро и с небольшой погрешностью определить общую кислотность травильного раствора, используемого для химического полирования стеклянных изделий.

УДК 543.544.32

студ. А.В. Будейко, М.А. Снопко  
Науч. рук. ст. преп. Г.Н. Супиченко  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЖХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭТИЛАЦЕТАТА**

Этилацетат (этиловый эфир уксусной кислоты) — бесцветная летучая жидкость с резким запахом, температура плавления  $-83,6^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $77,1^{\circ}\text{C}$ . Этилацетат широко используется как растворитель, из-за низкой стоимости и малой токсичности, а также приемлемого запаха. Обладая фруктовым запахом применяется как компонент фруктовых эссенций. Зарегистрирован в качестве пищевой добавки E1504 (ароматизатор). При использовании этилацетата в качестве растворителя клея для второго слоя пленок, покрывающих сыры, возможна адсорбция этилацетата пленкой.

Цель работы – оптимизировать условия ГЖХ-определения низких концентраций этилацетата.

В работе использовали хроматограф «Цвет 800», оснащенный пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Polar Fused Silica DB-FFAP (длина 60 м, диаметр 0,32 мм, толщина слоя – 0,5 мкм). Газ-носитель – азот.

Для определения концентраций этилацетата подготовлены два способа: метод градуировочного графика и метод внутреннего стандарта. В качестве растворителя использовали гептан, а в качестве внутреннего стандарта – декан. Стандартные смеси готовили в интервале 1,0 – 7,0 мг/мл. Объем пробы составлял 0,6 мкл. Градуировочный график строили в координатах – площадь пика (S) от концентрации этилацетата.

Во втором случае готовили смеси из этилацетата, гептана и декана, хроматографировали каждую смесь и определяли площади пиков. Затем по формуле рассчитывали поправочные коэффициенты.

$$k = \frac{C(C_4H_8O_2)/C(C_{10}H_{22})}{S(C_4H_8O_2)/S(C_{10}H_{22})}$$

Таким образом, для определения этилацетата с концентрацией до 1 мг/мл методом градуировочного графика получена линейная зависимость  $S = 0,0213 + 0,0568C$ , и поправочный коэффициент  $k = 1,759$  для метода внутреннего стандарта. Оптимизированы температурные режимы хроматографирования:  $T_{исп.} = 200^\circ\text{C}$ ,  $T_{дет.} = 280^\circ\text{C}$ ,  $T_{кол.} = 60^\circ\text{C}$  (5 мин) со скоростью  $5^\circ/\text{мин}$  до  $180^\circ\text{C}$  (10 мин).

УДК 543.61

студ. Р.В. Тереня, В.В. Дятлов

Науч. рук. доц. Е.О. Богдан, ст. преп. А.К. Болвако

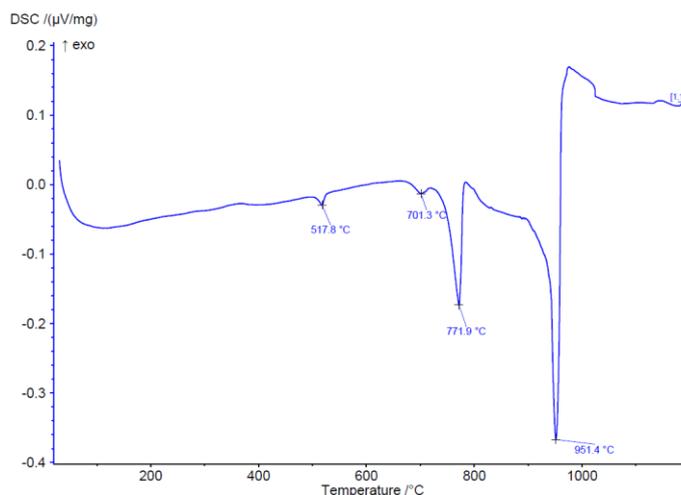
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАБОТАННЫХ ЖЕЛЕЗО-МОЛИБДЕНОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

Железо-молибденовый катализатор представляет собой смесь оксида молибдена (III) с молибдатом железа с мольным соотношением  $\text{Mo} : \text{Fe} = 2 : 5$ . В процессе эксплуатации катализатор постепенно снижает свою селективность и активность, что преимущественно обусловлено потерями молибдена и частичным разложением молибдата железа с образованием оксида железа. Основной целью переработки отработанного железо-молибденового катализатора является извлечение молибдена, как наиболее ценного продукта; регенерация катализатора может осуществляться с целью дальнейшего его использования в процессе органического синтеза. Предложены различные методы извлечения компонентов, основанные на выщелачивании с использованием различных сред, экстракции и др. Целью настоящей работы является исследование свойств отработанного железо-молибденового катализатора.

Особый интерес представляют физико-химические процессы, которые протекают при термической обработке исследуемого катализатора. Исследования проводились на дифференциальном сканирующем калориметре DSC 404 F3 Pegasus (NETZSCH, Германия). Дополнительно осуществлялась многопозиционная термообработка катализатора в диапазоне температур  $500\text{--}1300^\circ\text{C}$  с определением потери при прокаливании. На кривой ДСК, приведенной на рисунке, наблюдаются четыре эндотермических эффекта с минимумами при температурах  $517,8$ ;  $701,3$ ;  $771$ ;  $951,4^\circ\text{C}$ , которые связаны, по нашему мнению, с процессами дегидратации и разложения. В свою очередь, эти исследования согласуются данными, полученными при исследовании по-

терь при прокаливании. Для определения потерь при прокаливании готовили тигли, прокаливая их при 900°C до постоянной массы. Затем навески катализатора, взвешенные на аналитических весах Ohaus AR 2140, помещали в тигли. При необходимости измельчали отработанный катализатор в агатовой ступке. Тигли с навесками нагревали в диапазоне температур 300–700°C с шагом 100° в электропечи лабораторной SNOL-8.2/1100, выдерживая при каждой температуре 30 мин. Затем тигли остужали до комнатной температуры и взвешивали на аналитических весах. Между измерениями тигли с образцами помещали в эксикатор.



**Рисунок 1 – ДСК катализатора**

Потери при прокаливании рассчитывали по формуле:

$$w = \frac{m_0 - m}{m_0} \cdot 100\%$$

где  $m_0$  и  $m$  – масса образца до и после термообработки.

В процессе прокаливании улетучивается гигроскопическая влага, химически связанная вода,  $\text{CO}_2$  за счет сгорания органических примесей, а также другие летучие продукты. При этом в процессе термообработки образцы катализатора меняли окраску от зеленовато-коричневых (без термообработки) до темно-коричневых и черных тонов.

Установлено, что величина потерь при прокаливании отработанного катализатора в зависимости от температурного диапазона лежит в пределах от  $0,079 \pm 0,001\%$  до  $0,558 \pm 0,007\%$ .

Как следует из полученных данных, в изученном температурном диапазоне изменение массы образцов происходило нелинейно, что, возможно, обусловлено процессами удаления гигроскопической и химически связанной воды при невысоких температурах и процессами разложения неустойчивых соединений, входящих в состав катализатора – при более высоких.

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

В сообщении представлена информация об истории создания, принципе работы, применении и перспективах использования современных химических источников тока – литий-ионных аккумуляторов (ЛИА). Их изобретение можно считать одним из самых важных событий в области современной энергетики. Они произвели революцию в нашей жизни и сегодня используются в мире как одни из самых распространенных возобновляемых источников энергии.

В 2019 году за разработку литий-ионных батарей была присуждена Нобелевская премия по химии трем выдающимся ученым: Джону Гуденафу, Стэнли Уиттингему и Акире Ёсино. Более чем 20-летняя история создания литий-ионных источников тока весьма интересна и поучительна и является убедительным примером того, что только глубокое проникновение в механизм физико-химических взаимодействий, в природу электрохимических процессов и поверхностных явлений на межфазных границах электролит – электрод имеет шанс закончиться успешным практическим результатом.

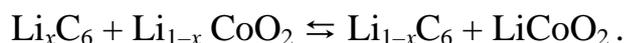
Комментируя присуждение Нобелевской премии по химии 2019 года, ряд источников обратили внимание на то, что несмотря на неоспоримые заслуги Гуденафа, Уиттингема и Ёсино индекс цитирования их научных статей по данной проблеме был относительно невысок по сравнению с работами других номинантов. Так случилось, что большого информационного «шума» вокруг их достижений не наблюдалось. Отметим, что информацию по этим вопросам можно найти в интернете и в СМИ, однако она не систематизирована, далеко не всегда представлена на требуемом научном уровне и зачастую носит поверхностный характер.

Известно, что литий обладает самым большим восстановительным потенциалом среди всех металлов. В водных растворах его потенциал  $E_{298}^{\circ} = -3,04$  В. Являясь самым активным щелочным металлом, он является и самым легким из них. Например, он легче калия в 5,5 раза. А для энергетического обеспечения многочисленной портативной аппаратуры должны использоваться именно малогабаритные источники тока. Это две причины, по которым литий оказался вне конкуренции при выборе анода в ЛИА. Катионы лития имеют также наименьший радиус в свободном состоянии и поэтому обладают

очень высокой подвижностью в кристаллических решетках материалов, что позволяет на их основе создавать аккумуляторы с твердыми электродами и электролитами. Однако компромисс между высокой активностью литиевого анода, приводящей к нежелательному взаимодействию лития с электролитом, и практической реализацией его уникальных восстановительных свойств разработчики ЛИА искали более десяти лет. В результате был предложен инновационный анодный материал – углеродная матрица на основе кокса, которая способна удерживать между своими слоями ионы лития  $\text{Li}^+$ . Простейшая формула подобного литиевого анода –  $\text{Li}_x\text{C}_6$ . Тем самым удалось исключить присутствие в батарее металлического лития и обеспечить ее пожаробезопасность. Оптимальным соединением для катода был выбран литированный оксид кобальта  $\text{LiCoO}_2$ , кристаллическая решетка которого способна относительно легко внедрять ионы  $\text{Li}^+$  и затем отдавать их в анодную углеродную матрицу при перезарядке батареи.

Электрохимическая схема ЛИА может быть записана следующим образом:  $(-)\text{Li}_x\text{C}_6 \mid \text{LiPF}_6, \text{ЭК} + \text{ДЭК} \mid \text{LiCoO}_2 (+)$ .

Суммарная реакция в элементе при работе на потребителя:



Процесс на аноде:  $\text{Li}_x\text{C}_6 \rightleftharpoons \text{Li}_{1-x}\text{C}_6 + x\text{Li}^+ + xe$ .

Процесс на катоде:  $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2 + x\text{Li}^+ + xe \rightleftharpoons \text{LiCoO}_2$ .

Таким образом, работа ЛИА сводится к «перекачке» ионов лития  $\text{Li}^+$  от одного электрода к другому, что превратило ЛИА в уникальный химический источник тока. Серийное производство промышленных образцов ЛИА и продажа Li-ионных батарей начались в 1991 году японской компанией «Сони». ЛИА имеют высокое рабочее напряжение 3,4–4 В, высокую удельную мощность (до 190 Вт·ч/кг) и очень низкую саморазрядку (менее 3% в месяц).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Shu Z. X., McMillian R. S., Murray J. J. Electrochemical intercalation of Lithium into Graphite // J. Electrochem. Soc.– 1993.–Vol. 140.– P. 922–927.
2. Рыкованов А.С. Элементная база систем обеспечения функционирования Li-ион аккумуляторов // Компоненты и технологии. – 2012.– № 8.
3. Беляев С.И., Румянцев С. Н., Рыкованов А.С. Современные Li-ион аккумуляторы. Типы и конструкции // Компоненты и технологии. – 2013.– № 11.

студ. Д.Е. Потихонин, магистрант М.А. Осипенко  
Науч. рук. зав. кафедрой И.И. Курило  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ФОРМИРОВАНИЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ АНОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ АЛЮМИНИЯ**

Алюминий является третьим по распространенности элементом, после кислорода и кремния. Сплавы алюминия значимы в аэрокосмической и транспортной промышленности. Алюминий покрыт естественной оксидной пленкой, однако ее толщина недостаточна для противостояния коррозии в агрессивных средах. С целью повышения коррозионной устойчивости изделия из алюминия подвергают дальнейшей обработки – анодированию. В процессе анодирования происходит наращивание оксидной пленки толщиной, которой определяется параметрами процесса анодирования (тип электролита, напряжение или ток анодирования, температура). Формируемая пленка состоит из внутреннего тонкого беспористого барьерного слоя и толстого пористого слоя имеющего ячеистую шестиугольную структуру.

Целью данной работы является установление влияния параметров анодной поляризации на защитные свойства марганецсодержащих покрытий на сплавах алюминия с и без анодирования.

Объектом исследования в данной работе является медьсодержащий сплав алюминия марки АД31, номинального состава, масс. %: Si – (0.20–0.60); Fe – 0.50; Cu – 0.10; Mn – 0.10; Mg – (0.45–0.90); Zn – 0.20; Ti – 0.15; Al – баланс.

В исследованиях использовали образцы круглой формы диаметром 40 мм и толщиной 1 мм. Образцы предварительно проходили подготовку согласно ГОСТ 9.402–2004.

Электролиз покрытия приводили в 0.05 М растворе  $\text{KMnO}_4$ , в качестве анода вступал образец сплава алюминия АД31 (без и с предварительным анодированием в серной кислоте), материал катодов сталь, значение тока 0.1 А, время электролиза составило: 1, 3 и 5 мин. После электролиза образцы промывали дистиллированной водой и сушили с помощью термовоздуходувки.

Визуальный анализ показал, что для образцов без предварительного анодирования, формируется коричневая пленка, в свою очередь анодированные образцы даже после 5 мин анодной поляризации остаются бесцветными.

Для изучения коррозионной стойкости образцов АОП, полученных при различных параметрах электролиза, использовали метод линейной поляризации в 0.5 М растворе хлорида натрия.

Значения плотностей токов коррозии, полученные из анализа потенциодинамических поляризационных кривых, показали, для всех полученных образцов с увеличением времени анодной поляризации наблюдается уменьшение плотностей токов (для чистого алюминия ток коррозии составляет  $i_{корр} = 9.56 \cdot 10^{-6}$  А/см<sup>2</sup>). Наименьшее значение плотностей токов коррозии, а, соответственно наибольшую устойчивость показывают образцы, подвергшиеся анодной поляризации в течении 5 мин с предварительным анодированием ( $i_{корр} = 6.08 \cdot 10^{-7}$  А/см<sup>2</sup>), что связано с процессом адсорбции ионов марганца по длине пористого слоя.

Таким образом, проведенные исследования показали, что предварительное анодирование и увеличение времени анодной поляризации в растворе перманганата калия благоприятно влияют на коррозионное поведение сплава позволяя повысить защитный эффект поверхности на порядок в сравнении с чистым алюминием.

УДК 546.02/.05

магистрант М.А. Осипенко,  
лаборант И.Ю. Ляшкевич

Науч. рук. зав. кафедрой И.И. Курило  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **АНОДНО-ОКСИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА АЛЮМИНИИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯМИ МАРГАНЦА**

В настоящее время в мировой практике одним из перспективных направлений защиты сплавов алюминия от коррозии и придания им декоративного вида является совершенствование процесса анодирования, в том числе разработка новых составов электролитов, позволяющих получать модифицированные соединениями переходных металлов анодно-оксидные покрытия (АОП) непосредственно в процессе анодирования.

Целью данной работы является установление влияния ионного состава электролита анодирования на состав и структуру сформированных на сплавах алюминия анодно-оксидных покрытий (АОП), модифицированных соединениями марганца.

Объектом исследования являлся медьсодержащий сплав алюминия марки АД31, номинального состава, масс. %: Si – (0.20–0.60); Fe – 0.50; Cu – 0.10; Mn – 0.10; Mg – (0.45–0.90); Zn – 0.20; Ti – 0.15; Al – баланс.

Для получения марганецсодержащих АОП образцы предварительно подготавливали согласно ГОСТ 9.402–2004, а затем анодировали в течение 60 мин. при плотности тока 2 А/дм<sup>2</sup> и температуре 18–22 °С. Состав электролитов анодирования, моль/дм<sup>3</sup>: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2, KMnO<sub>4</sub> 0,03, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] 0 и 0,003.

Элементный и оксидный состав поверхности алюминиевого сплава после анодирования показал, что введение гексацианоферрат (III) калия в растворы анодирования приводит к увеличению содержания марганца в покрытии от 0,32 до 12,92 масс %. Содержание серы в покрытиях, сформированных в растворах, содержащих перманганат-ионы, в пересчете на оксид серы (VI) в отсутствие K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] составляет 8,85 масс %, а при наличии комплексной соли в растворе анодирования – не обнаруживается. Это, по-видимому, объясняется конкурирующей адсорбцией между сульфат- и перманганат-ионами.

Введение в раствор серной кислоты перманганата калия приводит к уменьшению числа макропор на поверхности анодной пленки по сравнению с образцом, полученным в растворе серной кислоты. Существенное снижение числа поверхностных локальных дефектов, по-видимому, объясняется включением соединений марганца в состав покрытия и зарастиванием микро- и макропор в анодно-оксидном покрытии. Наиболее плотные пленки формируются в серноокислых циансодержащих электролитах, содержащих перманганат калия в количестве 0,03 моль/дм<sup>3</sup>.

Согласно данным ИК-Фурье спектроскопии полученных АОП, пики в области  $\approx 1640$  и  $1360$  см<sup>-1</sup>, а также в области  $1460$  см<sup>-1</sup> и  $1530$  см<sup>-1</sup> свидетельствуют о формировании в процессе анодирования  $\gamma$ -модификации оксида алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Широкая область поглощения в диапазоне длин волны  $3700$ – $2800$  см<sup>-1</sup> свидетельствует о наличии ОН групп и связанных молекул воды в структуре оксидной пленки. Область поглощения в диапазоне  $2085$ – $2100$  см<sup>-1</sup> для образцов 5–7 говорит о присутствии в составе анодно-оксидной пленки ионов [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>.

Таким образом, проведенные исследования показали, что введение в марганецсодержащие растворы анодирования гексацианоферрата(III) калия позволяет увеличить содержания марганца в составе АОП в 40 раз, способствует уменьшению количества очагов локальной коррозии на поверхности образца и формированию более компактных окрашенных пленок.

студ. В.И. Махнориков, магистрант М.А. Осипенко  
 Науч. рук. зав. кафедрой И.И. Курило  
 (кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ АНОДНО-ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИИ

В настоящее время актуальным является проведение исследований по изысканию новых и совершенствованию существующих способов получения модифицированных анодно-оксидных покрытий (АОП) на алюминиевых сплавах, обеспечивающих коррозионную защиту, экологическую безопасность, низкую энергоемкость и эксплуатационно-техническую надежность конструкционных материалов и металлоконструкций.

Целью представленной работы являлось исследование защитных свойств модифицированных соединениями переходных металлов (Mo, Mn, V) анодно-оксидных покрытий, сформированных на медьсодержащих сплавах алюминия марки АД31.

Для получения модифицированных АОП предварительно подготовленные образцы (ГОСТ 9.402–2004) анодировали в течение 60 мин при плотности тока 2 А/дм<sup>2</sup> с использованием источника постоянного тока Б5-47. Материал катодов – свинец. Составы электролитов анодирования приведены в таблице.

**Таблица 1 – Электролиты анодирования сплавов алюминия**

Состав	№ электролита						
	1	2	3	4	5	6	7
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , %	20	20	20	20	20	20	20
NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub> , моль/л	–	0,03	–	–	0,03	–	–
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 7H <sub>2</sub> O, моль/л	–	–	0,03	–	–	0,03	–
KMnO <sub>4</sub> , моль/л	–	–	–	0,03	–	–	0,03
K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ], моль/л	–	–	–	–	0,003	0,003	0,003

Результаты импедансной спектроскопии поверхности анодированных в растворе серной кислоты образцов сплава АД31 после их выдерживания в 0,05 М растворе хлорида натрия показали, что в присутствии оксоанионов переходных металлов на поверхности сплава формируется двухслойное покрытие с пористым внутренним и практически сплошным внешним слоем. Коррозия полученных покрытий

протекает в кинетической области с лимитирующей стадией переноса заряда.

Общее сопротивление поверхности АОП, содержащих 0,11 масс.% ванадия, 12,77 масс.% молибдена, 0,32 (и 12,92) масс.% марганца, при выдержке в 0,05 М растворе NaCl составляет соответственно  $4,5-5,5 \times 10^4$ ,  $4-5 \times 10^5$ ;  $8-9 \times 10^4$  ( $4 \times 10^4$ ) Ом/см<sup>2</sup>. При увеличении продолжительности выдержки образцов в растворе хлорида натрия общее сопротивление поверхности образцов меняется незначительно, что свидетельствует об устойчивости полученных покрытий в коррозионных средах.

При анодировании сплава АД 31 в сернокислых электролитах в присутствии ванадатов и молибдатов получены компактные окрашенные анодно-оксидные покрытия, содержащие около 0,11 масс.% ванадия и до 2 масс.% молибдена. Установлено, что соосаждение слоистых двойных гидроксидов в анодно-оксидную матрицу позволяет получить плотные покрытия с развитой поверхностью.

УДК 621.181

магистрант М.Н. Делаков

Науч. рук. зав. кафедрой А.А. Черник

(кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, БГТУ);

зав. кафедрой И.И. Курило

(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА**

Одним из эффективных способов защиты изделий от коррозии и придания им декоративных свойств является нанесение электрохимическое никелевание. В настоящее время необходимы высокопроизводительные, низкотемпературные электролиты, имеющие более низкую концентрацию основных компонентов. Снижение содержания солей металлов в электролитах без ухудшения свойств покрытий дает значительный эффект за счет уменьшения расхода реактивов на приготовление ванн и их корректировку, снижения затрат на очистку сточных вод. Для решения этой задачи актуальным направлением современной электрохимии является использование нестационарных токовых нагрузок и сонохимической обработки электролита.

Целью данной работы является установление влияния параметров ультразвуковой обработки электролита на структуру и свойства сформированных никелевых покрытий.

Процесс электрохимического нанесения никелевых покрытий проводили из электролита следующего состава, моль/дм<sup>3</sup>: NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 0,8; NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O – 0,2; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O – 0,1. Катодную плотность тока варьировали от 0,01 до 0,06 А/см<sup>2</sup>. В качестве источника УЗ колебаний использовали гомогенизатор ультразвуковой марки UP 200 Ht, оснащенный титановым генератором (рог) диаметром 12 мм. Электролиз проводили при частоте УЗ 26 кГц и выходной мощности 1–200 Вт. Постоянную температуру электролита поддерживали при помощи термостата ВТЗ–1.

Тест в ячейке Хулла показал, что в стационарных условиях качественные никелевые формируются при плотностях тока 0,2–3 А/дм<sup>2</sup>. Использование УЗ обработки позволяет расширить диапазон рабочих катодных плотностей тока в 1,5 раза. Увеличение мощности УЗ поля до 80 Вт/дм<sup>3</sup> в процессе электрохимического никелирования способствует увеличению значений предельной плотности тока, обеспечивающей получение качественных катодных осадков, до 5,0 А/дм<sup>2</sup>, что, по видимому, объясняется деполяризующим воздействием ультразвуковой кавитации.

Анализ микрофотографий никелевых покрытий, полученных при различных токовых и УЗ нагрузках, показал, что сонохимическое воздействие приводит к механическому удалению с поверхности электрода образующегося в процессе электролиза водорода, уменьшая его экранирующее действие, и, как следствие, более равномерному разряду ионов никеля по поверхности покрытия. Все это способствует снижению числа поверхностных дефектов покрытия и формированию плотно сцепленных с подложкой плотных, мелкокристаллических никелевых осадков светло-серого цвета.

Использование сонохимической обработки электролита различной мощности во время электроосаждения никеля при токовых нагрузках свыше 1,0 А/дм<sup>2</sup> способствует увеличению значений выхода по току осаждаемого металла на 2–5 %, что обусловлено подавлением побочного процесса выделения водорода. При этом максимальный выход по току никеля наблюдается при катодной плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup>.

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность использования соноэлектрохимического способа получения никелевых покрытий.

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУФЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

В основе инженерно-технических решений любого проекта и/или площадки по захоронению РАО лежит многобарьерная система безопасности [1]. Данный подход заключается в использовании комбинации природных и инженерных характеристик для обеспечения эффективной изоляции РАО. Для создания инженерных барьеров при строительстве пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) используются глинистые материалы (бentonитовые глины, иллиты), песок, гравий, бетонные смеси.

Основные физико-химические свойства глинистых материалов, обуславливающие их широкое применение при строительстве ПЗРО: водоупорность, хорошая сорбционная способность в отношении радионуклидов, пластичность, набухаемость, стабильность [2].

Наиболее распространенными сорбционными материалами являются следующие марки бentonитовых глин: МХ-80 и SPV200 (США); FEBEX (Испания) и ИВЕСО Deponit SA-N (Греция). Кроме того, используются алюмосиликаты с высоким содержанием монтмориллонита марки DPJ (Чехия) и Фридландская глина (Германия). Глинистые породы могут использоваться как для создания противомиграционных и противотрифильтрационных барьеров, а также быть естественной средой для захоронения РАО.

В настоящее время одной из актуальных проблем является строительство хранилищ для захоронения высокоактивных радиоактивных отходов. Ряд стран (Финляндия, Швеция и Франция) уже разработали проекты по строительству подземных хранилищ для захоронения отработавшего ядерного топлива и РАО. В Финляндии и Швеции планируется создание подземного хранилища для отработавшего ядерного топлива по проекту KBS-3. Данная концепция захоронения предусматривает размещение отработавших тепловыделяющих элементов в канистрах из борсодержащей стали, запечатанных в медную капсулу и окруженных буфером из бentonита в индивидуальных вертикальных скважинах захоронения на дне тоннеля размещения, расположенного в скальных породах на глубине 420 м ниже поверхности земли.

Во Франции разработан проект CIGEO (Промышленный центр геологического хранения), который предполагает обустройство в глиняных пластах на глубине 500 м на юге Франции подземного окончательного хранилища емкостью 10 тыс. кубометров высокоактивных РАО (в основном, остеклованных) и 70 тыс. кубометров среднеактивных отходов.

Глинистые материалы также успешно используются и для создания приповерхностных пунктов захоронения радиоактивных отходов. Например, в конструкциях проектов ППЗРО в ЗАТО «Северск» Томской области и ЗАТО «Озерск» Челябинской области (РФ) в качестве подстилающего слоя предусмотрен глиняный экран и бентонитовые маты по периметру стен, днища и перекрытий ППЗРО. Буферный материал засыпки и покрывающий экран, как в проекте ППЗРО в Новоуральске, будет состоять из глинистого гидроизолирующего слоя толщиной 1 м, дренажного слоя из гравийно-песчаной смеси, защитного слоя из дробленого камня, защитного слоя из местного грунта и почвенно-растительного покрова.

Основным недостатком использования бентонитовых глин является их низкая теплопроводность, что может привести к разогреву радиоактивных отходов и нарушению целостности инженерных барьеров. Данный недостаток устраняется включением кварца, обладающего хорошими теплопроводящими свойствами и высокой химической стойкостью. Поэтому в ряде исследований предлагается использование смеси бентонитовой глины с кварцевым песком, где содержание глины варьирует в среднем от 30 до 70% [3].

Таким образом, на основе анализа литературных данных установлено, что в мировой практике при сооружении пунктов захоронения радиоактивных отходов наибольшее распространение имеют материалы на основе бентонитовой глины и составы на их основе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Захоронение радиоактивных отходов. Конкретные требования безопасности: серия изданий МАГАТЭ по нормам безопасности №SSR-5. – Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2011. – 76 с.
2. Савоненков В. Г. Глины как геологическая среда для изоляции радиоактивных отходов / В. Г. Савоненков, Е. А. Андерсон. – СПб: Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, 2012. – 215 с.
3. Обливанцев Д. Ю. Оптимизация состава бентонит-кварцевых смесей, используемых в качестве защитных барьеров приповерхностных хранилищ низко- и среднеактивных отходов: автореф. дис. ...канд. тех. наук: 25.00.36 / Д. Ю. Обливанцев; Рос. гос. геологоразведочный ун-т. – М., 2007. – 22 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАССОЛАХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»**

В настоящее время рациональное применение минеральных удобрений становится одним из первостепенных условий формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Чтобы получать высокую отдачу от применения удобрений, необходимо организовать их рациональное использование на основе внедрения энергосберегающих, экологически сбалансированных систем удобрения сельскохозяйственных культур. Очень важно перейти от шаблонного применения удобрений к управлению питанием сельскохозяйственных растений, используя методы почвенно-растительной диагностики [1].

Открытое акционерное общество «Беларуськалий» является одним из крупнейших производителей и экспортеров калийных удобрений в мире. По данным Международной ассоциации удобрений, на его долю приходится пятая часть мирового объема производства калийных удобрений. ОАО «Беларуськалий» производит продукцию, отвечающую современным требованиям и отмеченную престижными международными наградами [2].

Цель данной работы - определение содержания основных питательных элементов в технологических рассолах ОАО «Беларуськалий». В качестве объектов исследований были выбраны 3 образца технологических рассолов хлористого калия, полученные после очистки на 3 типах ионообменников различных мировых производителей:

- ионообменная смола Lewatit MonoPlus TP 208 (Германия);
- ионообменная смола Purolite C100 (Англия);
- ионообменная смола Dowex HCRC (США).

Для выбора оптимальной ионообменной смолы были проведены экспериментальные исследования по очистке от примесей технологических растворов хлористого калия [3]. Определение массовой концентрации примесей микроэлементов в хлориде калия проводили в соответствии с МВИ.МН 5871-2017 «Массовая концентрация примесей микроэлементов в хлориде калия. Методика выполнения измерений методом атомно-

эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометрах серии iCAP 6000/7000».

Результаты исследований содержания  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в технологических рассолах ОАО «Беларуськалий» после очистки на различных типах ионообменников приведены в таблице.

**Таблица 1 – Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в технологических рассолах ОАО «Беларуськалий»**

Номер пробы	Массовая концентрация $\text{Ca}^{2+}$ в технологическом рассоле после очистки на ионообменнике с ионообменной смолой, мг/дм <sup>3</sup>			Массовая концентрация $\text{Mg}^{2+}$ в технологическом рассоле после очистки на ионообменнике с ионообменной смолой, мг/дм <sup>3</sup>		
	Lewatit MonoPlus TP 208	Purolite C100	Dowex HCRC	Lewatit MonoPlus TP 208	Purolite C100	Dowex HCRC
1	0,011	0,017	0,020	0,004	0,015	0,017
2	0,001	0,014	0,017	0,001	0,011	0,014
3	0,001	0,009	0,013	0,001	0,009	0,013
4	0,001	0,010	0,014	0,002	0,012	0,015
5	0,006	0,005	0,017	0,003	0,016	0,019
6	0,009	0,008	0,018	0,001	0,010	0,018
7	0,015	0,009	0,021	0,003	0,019	0,012
8	0,002	0,012	0,019	0,003	0,013	0,014
9	0,007	0,015	0,009	0,001	0,010	0,015
10	0,014	0,014	0,014	0,001	0,010	0,014
Среднее значение	0,0067	0,0113	0,0162	0,0020	0,0125	0,0151

Как видно из данных таблицы, наиболее высокой сорбционной способностью в отношении  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  обладает ионообменная смола торговой марки Lewatit MonoPlus TP 208. Следовательно, для очистки технологических рассолов ОАО «Беларуськалий» наиболее эффективной для селективного удаления катионов щелочноземельных металлов будет использование ионообменника с ионообменной смолой торговой марки Lewatit MonoPlus TP 208.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Элементы питания и их роль в жизни растений [Электронный ресурс] / Проектирование и ландшафтный дизайн. - Минск, 2019. - Режим доступа: <http://www.landart.ru>. - Дата доступа: 02.11.2019.

2. О предприятии [Электронный ресурс] / Открытое акционерное общество «Беларуськалий». - Солигорск, 2019. - Режим доступа: <https://kali.by/>. - Дата доступа: 01.11.2019.

3. Технологический процесс фильтрации и очистки технологических рассолов: РИ 01-2019. - Введ. 01.08.2019. - Солигорск: ОАО «Беларуськалий», 2019. - 14 с.

**ЭКСТРАКЦИЯ ЛИГНАНОВ ИЗ ДРЕВИСИНЫ *PICEA ABIES***

Природные лигнаны обладают биологической активностью, на их основе возможно создание профилактических и лекарственных средств. Богатыми источником лигнанов является древесина ели обыкновенной (*Picea abies*). Больше всего в данном растительном сырье обнаруживается лигнана 7'-гидроксиматаирезинола (36–88 мг/г), в ней же содержатся и другие лигнаны, например, матаирезинол (1,7–5,5 мг/г), а также секоизоларицирезинол (1,4–6,8 мг/г) [3].

Целью работы является выделение лигнанов из древесины *Picea abies* экстракцией с применением различных растворителей.

В качестве объектов исследования выступали опилки древесины и измельченная мутовка ели обыкновенной. Выделение лигнанов из объектов проводили экстракцией при комнатной температуре в течение 72 ч. В качестве растворителей применяли ацетон, 50%-ный водный этанол, этанол. Идентификацию лигнанов в полученных экстрактах осуществляли методом ТСХ-анализа. В качестве неподвижной фазы выступали пластины Kieselgel 60 F254 (США), а в качестве подвижной – система хлороформ : уксусная кислота в соотношении 9,5:0,5. Детектирование осуществляли в УФ-свете при 254 нм, а также пластины проявляли обработкой парами йода.

В ацетоновом и этаноловом экстракте измельченной мутовки *Picea abies* были идентифицированы лигнаны секоизоларицирезинол и матаирезинол по показателям  $R_f = 0,15$  и  $0,56$  соответственно, значение которых совпадало со значением  $R_f$  стандартных образцов секоизоларицирезинола и матаирезинола (Sigma, США). В экстракте, полученном с применением 50%-ного водного этанола из измельченной мутовки *Picea abies* и опилок древесины с применением всех перечисленных растворителей лигнаны секоизоларицирезинол и матаирезинол не были обнаружены.

Таким образом, было выявлено, что экстракция секоизоларицирезинола и матаирезинола наиболее эффективна при использовании в качестве растительного сырья мутовки *Picea abies* с применением этанола и ацетона в качестве растворителей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Willfor, S.M. Chromatographic analysis of lignans / S.M. Willfor, A.I. Smeds, B.R. Holmbom // J. Chromatogr. A. – 2006. – Vol. 1112, № 1. – P. 64–77.

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ СОСТАВА И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ**

На территории Республики Беларусь распространенным видом является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и ель европейская (*Picea abies* L. Karst). Кроме того, произрастают интродуцированные виды растений, в частности ель канадская (*Picea glauca*). Эфирные масла, полученные из хвои перечисленных видов деревьев, были выбраны в качестве объекта исследования. Деревья произрастали в условиях урбанизированной среды (образцы 1, 2) и на экологически чистой территории (образцы 3, 4). Кроме того, образцы отбирались в зимний (образцы 1, 3) и летний (образцы 2, 4) период времени.

Качественный и количественный анализ состава масел осуществляли методами газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) без предварительного фракционирования. Хроматографический анализ выполняли на хроматографе Кристалл 5000.1 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой 100% диметилсилоксаном. Антибактериальную активность эфирных масел определяли диффузионным методом (метод бумажных дисков). Принцип метода основан на диффузии антимикробных агентов в агар и определении диаметра зон ингибирования роста тест-культур бактерий на агаризованной среде, формирующихся под действием диффундирующих в среде веществ, обладающих антимикробной активностью. Определение антибактериальной активности эфирных масел проводили с использованием 6 санитарно-показательных микроорганизмов.

Основными компонентами эфирного масла сосны являются монотерпеновые и сесквитерпеновые углеводороды. При этом удельный вес этих групп зависит как от времени заготовки образцов, так и от степени загрязненности хвои токсичными элементами. Монотерпены преобладают в образцах, выделенных из загрязненного сырья. Основными компонентами масла являются  $\alpha$ -пинен, камфен, 3-карен и лимонен, суммарное содержание которых может достигать 50%. Следует отметить, что существенно зависит от источника сырья содержание пинена и карена. Так в образцах 3, 4 преобладает карен, а в образцах 1, 2 –  $\alpha$ -пинен. Как отмечалось ранее, скорее всего такая тенденция связана с конкурирующими реакциями в процессе биосинтеза данных компонентов.

Эфирное масло елей напротив богато кислородсодержащими компонентами, а также монотерпеновыми углеводородами. Среди основных компонентов следует особо выделить камфен, лимонен, 1,8-цинеол и камфору. Содержание этих компонентов существенно меняется от времени и места заготовки сырья. Для образцов 1 и 2 эфирного масла ели европейской возрастает содержание камфена и 1,8-цинеола по сравнению с образцами 3, 4, и снижается содержание лимонена и камфоры. Для ели канадской напротив содержание камфоры в образцах 1, 2 значительно выше, чем в образцах 3, 4, а содержание камфена снижается в образцах 1,2.

В таблице приведены результаты определения диаметра зон ингибирования роста тест-культур бактерий растворами эфирного масла (50% раствор эфирного масла в этаноле).

**Таблица 1 – Результаты определения диаметра зон ингибирования роста тест-культур бактерий растворами эфирных масел**

Хвойные растения		№ образца	Тест-культуры бактерий					
			<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella enterica</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Clostridium</i> sp.	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	Диаметр зоны ингибирования роста (мм) тест-культур бактерий	1	22	23	21	24	23	22
		2	22	23	22	25	24	23
		3	19	19	17	20	19	18
		4	20	20	18	20	22	19
Ель европейская ( <i>Picea abies</i> (L) Karst)	Диаметр зоны ингибирования роста (мм) тест-культур бактерий	1	24	25	27	29	27	29
		2	25	26	28	29	28	27
		3	21	22	24	27	24	26
		4	21	23	25	27	25	26
Ель канадская ( <i>Picea glauca</i> )	Диаметр зоны ингибирования роста (мм) тест-культур бактерий	1	22	23	23	24	24	23
		2	23	23	24	26	25	24
		3	20	20	21	21	22	20
		4	20	21	22	23	23	22

Такой результат, вероятно, связан с различием в содержании основных компонентов в загрязненных и чистых образцах, а также с более высоким содержанием в «летних» маслах кислородсодержащих терпенов. Так для эфирного масла сосны антибактериальная активность связана возможно с высоким содержанием  $\alpha$ -пинена. Антибактериальные свойства эфирных масел елей обусловлены высоким содержанием камфоры и 1,8-цинеола.

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫМ ПЛИТАМ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ СУХИМ СПОСОБОМ, НА ТЕРРИТОРИИ ЕС И ЕАЭС И МЕТОДОВ ИХ КОНТРОЛЯ**

Древесноволокнистые плиты (ДВП) – это листовой материал, изготовленный путем горячего прессования или сушки ковра из древесных волокон с введением при необходимости связующих и специальных добавок. ДВП в зависимости от области применения классифицируют на плиты общего и специального назначения. Особый интерес для потребителя представляют плиты строительного назначения, предназначенные для применения во влажных и сухих условиях, качество которых подтверждается расчетом прочности конструкции. При этом согласно общепринятой терминологии строительным материалом является тот, который состоит из одного вещества или тонко распределенной смеси.

Следует отметить, что производство строительных материалов является важной частью экспорта Республики Беларусь. Помимо этого, древесноволокнистые плиты общего назначения являются основным материалом при производстве мебели, так же активно поставляющейся за рубеж. В связи с этим важно сопоставить технические требования, предъявляемые на территориях Европейского союза и Евразийского экономического союза. Учет различий и принятие грамотных технических решений позволит повысить конкурентоспособность и степень доверия к продукции ЕАЭС на мировом рынке.

В рамках гармонизации в Республике Беларусь принят СТБ EN 622-5-2009 «Плиты древесно-волоконные. Технические требования. Часть 5. Требования к плитам, изготовленным по сухому методу (MDF)», являющийся идентичным к европейскому стандарту EN 622-5. Согласно нему, к плитам для использования в сухих зонах нормируются требования к следующим показателям: разбухание толщины за 24 часа; прочность на поперечное растяжение; прочность на изгиб; модуль эластичности при изгибе. Допустимые значения устанавливаются в зависимости от области номинальной толщины. При использовании во влажных зонах дополнительно контролируются разбухание по толщине и прочность на поперечное растяжение после циклических испытаний.

Следует заметить, что существенно различаются требования к ДВП в зависимости от их назначения и диапазона плотности. Это касается МДФ для несущих и общих целей; для несущих целей, легких MDF для несущих и общих целей; ультралегких MDF для несущих и общих целей, а также древесноволокнистых плит сухого способа производства, предназначенных для использования в качестве подкладочных плит.

При этом для плит строительного назначения согласно СТБ EN 13501-1-2008, идентичного европейскому стандарту EN 13501-1, дополнительно устанавливаются требования к пожарной безопасности.

Таким образом, технические требования к древесноволокнистым плитам в ЕС и РБ практически идентичны и сведены к единой системе, что в значительной степени облегчает работу отечественных производителей и позволяет производить качественную и безопасную продукцию.

На территории ЕАЭС наблюдается обратная ситуация, в связи с чем работа над документацией еще только ведется. В нормативных ссылках большинства ГОСТов, рассматривающих древесноволокнистые плиты сухого способа, в том числе используются ссылки на документы, относящиеся к древесностружечным плитам. При этом ГОСТы не идентичны европейским нормам и международным стандартам ASTM. Это затрудняет обращение продукции ЕАЭС на мировом рынке. Прогрессивные предприятия стран-участников ЕАЭС, в том числе РБ, разрабатывают технические условия, в которых технические требования к продукции и методам контроля идентичны европейским нормам и международным стандартам ASTM. Так, например, на заводе «Спичплитпром» производство плит регламентируется ТУ 5536-0257438-0060. Контролируется разбухание за 24 часа (%) в зависимости от толщины. В ТУ 5536-026-00273643-98 – специально разработанных специалистами ВНИИДрева технических условиях – установлены требования к производству древесноволокнистых плит под названием ПСП (плиты средней плотности). Она делится на марки (по физико-механическим свойствам), классы (по уровню токсичности) и сорта (по качеству поверхности). Сорта являются основной отличительной особенностью, регламентируются допустимые вмятины и углубления согласно глубине и размеру, пятна от парафина, неразмолотые пучки волокон, дефекты шлифования, разнотонность.

Таким образом, актуальна работа в направлении гармонизации стандартов ЕАЭС требованиям региональных стандартов СЕН и международных стандартов ASTM.

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ**

На рынке ЕАЭС присутствует большое разнообразие средств для защиты древесины. Их классифицируют по разным признакам: по направленности действия разделяют на огне-, био-, влагозащитные и средства комбинированного действия; по числу компонентов – на одно- и многокомпонентные; по растворимости – водорастворимые, органикорастворимые, масла, а также вещества, растворимые и в маслах, и в тяжелых нефтепродуктах. Наиболее распространены защитные средства комбинированного действия, которые, как правило, обладают антисептическими и огнезащитными свойствами. Спросом пользуются такие средства, как ОК-ГФ (Республика Беларусь), ХМ-11 (Республика Беларусь), ФН (Республика Беларусь), Tanalith E (Великобритания). Средства огнезащиты древесины и материалов на ее основе подлежат обязательному подтверждению соответствия требованиям ТР ТС 043/2017, а средства влаго- и биозащиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 30495 и подтверждение соответствия проводится в форме добровольной сертификации.

Для оценки эффективности средств необходимо проводить комплекс испытаний, которые подтвердят защитные свойства выпускаемой продукции. Кроме того, производителю необходимо обеспечить высокие показатели проникаемости защитного средства в древесину и материалы на ее основе, низкую коррозионную агрессивность и минимизировать негативное воздействие на человека и окружающую среду. С точки зрения огнезащиты проводится определение сохранения огнезащитной эффективности пропиточных средств для древесины в соответствии с СТБ 11.03.02. Средство для защиты древесины и материалов на ее основе считается выдержавшим испытания, если после ускоренного старения, соответствующего заявленному сроку службы, показатель его огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363 не изменится. При этом показатели механической прочности огнезащищенной древесины и материалов на ее основе должны соответствовать требованиям, установленным в ГОСТ 30495. Оценка эффективности биозащиты проводится по отношению к деревоокрашивающим, дереворазрушающим и плесневым грибам. Биозащитные свойства составов по отношению к плесневым и деревоокрашивающим грибам определяют в соответствии с ГОСТ 30028.4-2006 «Средства защитные для древесины, экспресс-метод оценки эффективности против деревоокрашивающих и плесневых гри-

бов». Пропитанные образцы древесины испытывают на трех группах грибов. По окончании испытаний определяют стадию развития грибов по 5-бальной шкале и с учетом характеристик, обозначенных в ГОСТ 30028.4-2006. Грибостойкость пропитанных образцов древесины по отношению к дереворазрушающим грибам оценивают по ГОСТ 16712-95. Критериями оценки биостойкости служит средняя потеря массы пропитанных и контрольных образцов после воздействия домового гриба.

Высокая степень биозащиты древесины обеспечивается введением в состав защитного средства добавок, содержащих ионы меди. К ним относятся: неорганические соединения (например, медный купорос), нафтенаты и цитраты меди. Медный купорос представляет наибольший интерес для производителей с точки зрения доступности и низкой стоимости. Следует отметить, что препараты на основе нафтената меди обладают не только высокой токсичностью по отношению ко всем биоразрушителям древесины, но и гидрофобизирующей способностью.

В связи с вышесказанным, для производителей защитных средств для древесины важно определить в нем количественное содержание ионов меди, что позволит регулировать основные свойства защитного средства, нормируемые ГОСТ 30495-2006. Однако стандартизированная методика определения массовой доли меди существует только для нафтената меди (ГОСТ 9549-80). Для остальных медьсодержащих средств для защиты древесины стандартизированные методики в настоящее время отсутствуют. Это предопределяет необходимость разработки универсальной методики определения содержания меди в средствах для защиты древесины. По нашему мнению, определение целесообразно проводить гравиметрическим методом, обладающим высокими метрологическими характеристиками и низкой стоимостью. При этом установлена необходимость получения малорастворимого соединения меди и дальнейшего его концентрирования с целью получения удобной для анализа гравиметрической формы. Методика находится на стадии разработки в НИЛ огнезащиты строительных конструкций и материалов БГТУ.

Таким образом, проанализированы методы исследования свойств медьсодержащих средств для защиты древесины и материалов на ее основе. К ним относятся методы, содержащиеся в ГОСТ 30028.4-2006, ГОСТ 16712-95, СТБ 11.03.02.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30495. Средства защитные для древесины. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. – 8 с.
2. ГОСТ 9549-80. Нафтенат меди для противогнилостных составов. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1994. – 4 с.

студ. А.Н. Островская  
Науч. рук. доц. Н.И. Заяц  
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ);  
Г.В. Мозгова (институт генетики и цитологии НАН Беларуси)

## **ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СОИ МЕТОДОМ ПЦР-РВ**

Достоверные измерения в области испытаний пищевой продукции приобретают всё большую важность не только вследствие её большого объёма и высокой экспортной стоимости в международной торговле, но и в связи с вопросами безопасности пищевой продукции.

Генетически модифицированные организмы (ГМО) применяются для производства пищевой продукции, сельскохозяйственного сырья и кормов. Сегодня в мире известно 525 разрешенных генетически модифицированных линий (ГМ – линий) растений и прошедших оценку риска и имеющих различное целевое назначение: высвобождение в окружающую среду, применение в хозяйственных и пищевых целях, использование в закрытых системах. Основными ГМ – культурами на мировом рынке являются: бобы сои, кукуруза, хлопок, рапс. В связи с этим все чаще поднимается вопрос о безопасности продуктов, содержащих генетически модифицированные ингредиенты (ГМИ).

Идентификация и количественное определение генетически модифицированных ингредиентов/организмов/линий (ГМИ/ГМО/ГМ-линий) является обязательной составной частью процесса оценки соответствия пищевых продуктов, кормов и сельскохозяйственного сырья. Сегодня реализацией ГМО-контроля в Беларуси занимаются специализированные аккредитованные лаборатории.

Актуальность разработки методики расчёта неопределённости определения разрешённых генетически модифицированных линий сои в пищевых продуктах, кормах и сельскохозяйственном сырье методом ПЦР-РВ заключается в том, что на сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствуют отечественные документы, которые бы способствовали выполнению требований ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 по подтверждению правильности и прецизионности метода измерений.

Идентификация и количественное определение разрешенных ГМ-линий основаны на применении метода полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ) с гибридационно-флуорисцентной детекцией.

Данный метод используется для одновременной амплификации измерения количества данной молекулы ДНК (измерение непосредственно количества копий, либо измерение копий относительно внесённой ДНК или дополнительных калибровочных генов) специфической последовательности ДНК в образце. Метод использует общие принципы ПЦР. Основное отличие состоит в том, что измеряется количество амплифицированной ДНК в реальном времени после каждого цикла амплификации.

Для разработки методики расчёта неопределённости был использован эмпирический подход, который включает результаты внутрилабораторных или межлабораторных исследований и находит применение там, где нельзя применить метод моделирования и смоделировать вклады влияющих величин в неопределённость, а также когда имеется вся необходимая информация по межлабораторным или внутрилабораторным исследованиям для расчета неопределённости измерений [1].

В испытательной лаборатории Института генетики и цитологии НАН Беларуси были исследованы 5 проб сои с различной концентрацией ГМО RRS (концентрация ГМ-сои Roundup Ready). С целью получения оценок показателей повторяемости и внутрилабораторной воспроизводимости пробы анализировались дважды независимо друг от друга (разные операторы, разное оборудование, в разное время). Оценка правильности результатов была получена путем анализа сертифицированного референсного материала сои RoundupReady® с концентрацией  $(10,0 \pm 1,6)$  г/кг (ERM-BF410d). Были получены следующие результаты: среднее квадратическое отклонение (СКО) внутрилабораторной воспроизводимости – 3,5 %; смещение – 8%; СКО при оценке смещения – 3%; стандартная неопределённость референсного образца – 8%. Стандартная неопределённость количественного определения разрешенных ГМ-линий, рассчитанная как корень квадратный из суммы квадратов всех выше названных составляющих, составила 12,3 %. Расширенная неопределённость при уровне доверия 95 % составляет 24,6 %. Полученный результат определения равный 17 г/кг с учетом неопределённости измерений можно представить в виде:  $(17 \pm 4)$  г/кг, при  $P=95\%$ ,  $k=2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Количественное описание неопределённости в аналитических измерениях, перевод с английского, Санкт-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002. 149 с.

соискатель О.А. Гмырак  
Науч. рук. доц. З.Е. Егорова  
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

## **ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ НА РЫНКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ**

Пищевая добавка – это химическое вещество (или смесь веществ), преднамеренно используемое в производстве пищевой продукции с технологической целью, специально вводимые в пищевые продукты в процессе их изготовления в целях придания пищевым продуктам определенных свойств и/или сохранения качества пищевых продуктов. Помимо пищевых добавок, при изготовлении пищевых продуктов применяют ароматизаторы и технологические вспомогательные средства [1]. Вследствие потребностей покупателей в расширении и разнообразии ассортимента продовольствия, количество химических веществ, разрешенных для применения в пищевых продуктах и в технологиях их изготовления, с каждым годом увеличивается. Например, согласно результатам исследований Онибус МАСМИ 2018 года основными критериями при покупке мороженого, которыми руководствовались потребители, были: привлекательность упаковки (59%) и наличие вкусовых добавок (43%).

Анализ аналитических источников показал, что современный мировой рынок пищевых добавок оценивается в 31,4 миллиарда долларов, с потенциалом роста от 3,4 до 5,5% в год: ежегодно на одного человека приходится 3 кг пищевых добавок (красителей, ароматизаторов и усилителей вкуса), которые он употребляет совместно с пищевыми продуктами. Наиболее перспективными сегментами являются натуральные пищевые добавки и функциональные пищевые ингредиенты, а также сегменты сахаро- и жиροзаменителей.

Практика применения пищевых добавок в странах ЕС такова, что должен осуществляться мониторинг потребления пищевых добавок, т.е. должны поддерживаться системы мониторинга потребления и использования пищевых добавок, основанные на оценке риска [2]. Оценка риска предусматривает установление вероятности развития и степени тяжести неблагоприятных последствий для здоровья человека, обусловленных воздействием различных факторов среды обитания, включающим потребление пищевых продуктов [3]. Например, общий стандарт кодекса на пищевые добавки говорит о том, что для каждой пищевой добавки должно быть установлено допустимое суточное потребление, т.е. должны учитываться все пути поступления одной и той же пищевой добавки из разных источников [4].

Применение пищевых добавок в Республике Беларусь регламентируется рядом нормативных правовых актов и технических нормативных правовых актов, в которых указано следующее. Внесение пищевых добавок при выпуске продукции должно осуществляться на основании расчетных данных изготовителя, которые необходимо указывать в технологической документации на выпускаемую продукцию. Содержание в пищевой продукции пищевых добавок должно контролироваться по закладке (по рецептуре) и/или с применением аналитических методов исследования. Согласно статистическим данным, в нашей стране разрешены к использованию в пищевой промышленности 399 наименований пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств.

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь в настоящее время не более 10 белорусских организаций осуществляют производство пищевых добавок, поставкой этих продуктов в нашу страну занимаются около 40 отечественных компаний. Более половины пищевых добавок на белорусском рынке произведены за рубежом: по состоянию на январь 2020 основной импорт пищевых добавок осуществляется из Польши, Германии, Китая, США, Швеции и превышает 300 млн. долларов США. По данным разных источников в 2014 г. на рынке пищевых добавок доминировали ароматизаторы и усилители вкуса, сегмент эмульгаторов будет увеличиваться с темпом роста 5,4%, а пищевых ферментов – 8,1%. Также высокими темпами будет расти спрос на подсластители, сахаро- и жирозаменители, а также и антиокислители.

Следует отметить, что в Республике Беларусь пока отсутствуют научно обоснованные методические подходы и методики по оценке рисков потребления пищевых добавок. Также немаловажным вопросом в применении и потреблении пищевых добавок является отсутствие установленно-го адекватного и безопасного уровня их суммарного потребления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» ТР ТС 029/2012 (решение № 58 от 20 июля 2012 г. Совета Евразийской экономической комиссии).

2. РЕГЛАМЕНТ (ЕС) № 1333/2008 ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА от 16 декабря 2008 г по пищевым добавкам. С. 20–21.

3. Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food//Environmental Health Criteria/International Programme on Chemical Safety/WHO. Geneva, 1987. № 70. URL: [www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc70.htm](http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc70.htm).

4. Общий стандарт кодекса на пищевые добавки (CODEX STAN 192-1995, Rev. 7-2006). С.6–18.

## **ИНСПЕКЦИЯ КАК ФОРМА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ**

Для обеспечения потребителей безопасной и качественной продукцией участники рыночных отношений активно используют такой признанный инструмент, как техническое регулирование. С этой целью они расширяют сферу применения всех его многообразных и тесно связанных между собой элементов: технического нормирования, стандартизации, метрологии, аккредитации и надзора за рынком, оценки соответствия [1]. Старейшей формой оценки соответствия является инспекция. Процесс инспекции сводится к анализу продукции, процесса, услуг, их внедрения или разработки и определения соответствия конкретным или общим требованиям [2]. Европейская система оценки соответствия включает в себя инспекцию, выполняемую как государственными, так и частными аккредитованными инспекционными органами, в том числе и в регулируемой государством сфере. Наиболее востребованы в странах европейского союза инспекционные органы в области промышленной безопасности, технического осмотра автотранспортных средств, охраны окружающей среды, строительства [3]. Польский центр аккредитации проводит аккредитацию инспекционных органов, осуществляющих контроль качества и количества товара, резервуаров для хранения опасных материалов, окружающей среды. В Словакии аккредитованные инспекционные органы отслеживают безопасность подъемных устройств, строительной продукции. В поле зрения инспекционных органов Германии находятся судебная медицина, технический осмотр автотранспортных средств, техника безопасности. Во Франции инспектируются грузовые автомобили, окружающая среда, действующее оборудование. В Испании аккредитованные инспекционные органы отслеживают технический осмотр автотранспортных средств, состояние окружающей среды, сельское хозяйство. В Швеции соответствующие органы специализируются на инспектировании лифтов, техническом осмотре автотранспортных средств, аттракционов, резервуаров, трубопроводов. В Люксембурге – на подъемном оборудовании, электрооборудовании, строительной продукции. В Португалии объектом проверки являются транспорт, электрооборудование, лифты. У Российской Федерации в качестве органов инспекции аккредитованы организации, выполняющие санитарно-эпидемиологические экспертизы, обследования, государственную гигиеническую регистрацию [4].

В международной практике инспекции делят на два основных направления. Первое направление предоставляет услуги по контролю ка-

чества на предмет их соответствия контрактным обязательствам, когда невозможно сделать заключение о качестве только на основе протоколов испытаний продукции или сертификата соответствия. Как правило, эти инспекции осуществляются на добровольной основе в целях снижения контрактных рисков. Второе направление инспекций связано с обеспечением безопасности объектов в области промышленной безопасности, безопасности в энергетике, строительстве, экологической, ядерной и радиационной безопасности и др. (например, сосудов, работающих под давлением, лифтов и др.). Инспекция оказывается востребованной и в области отдельно взятых процессов, услуг, оценки объектов перед страхованием, утверждением проектов, расследования аварий и т.д. Законодательством большинства развитых стран мира предусмотрена обязательная оценка соответствия в форме инспекции подобных объектов. С целью взаимного признания сторон и межгосударственного признания инспекция как орган проходит процедуру аккредитации на соответствие стандарту ГОСТ ISO/IEC 17020 «Оценка соответствия. Требования к работе различных типов органов, проводящих инспекции». Аккредитация позволяет унифицировать деятельность инспекций, подчинить их единым правилам, обеспечить однообразие действий, вызвать доверие. Согласно Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы планируется сокращение излишних и дублирующих функций органов государственного управления, в том числе контролирующих (надзорных) и правоохранительных органов. Внедрение международных стандартов и практик в сфере оценки соответствия в настоящее время является необходимым условием конкурентоспособности как на отечественном, так и на международном уровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дралин, А. И. Внешнеэкономическая деятельность: учебное пособие / А. И. Дралин, С. Г. Михнева. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Пенза : Информационно-издательский центр ПГУ, 2006. – 127 с.
2. Оценка соответствия. Требования к работе различных типов органов, проводящих инспекции : ГОСТ ISO/IEC 17020 – 2013. – Введ. 01.03.2014. – Минск : Госстандарт : Белорусский государственный центр аккредитации, 2013. – 24 с.
3. Аккредитация инспекционных органов: первые шаги // Стандартизация. – 2017. – №4. – С. 33–36.
4. Секционное заседание международного симпозиума «Технологии. Оборудование. Качество» – «Международное признание аккредитации как механизма сокращения технических барьеров в торговле» : материалы Белорусского промышленного форума, Минск, 17 – 20 сентября 2019 г.

учащаяся Л.М. Богдан  
Науч. рук. учитель химии Н.С. Дабринская  
(ГУО «Гимназия № 6 г. Минска»);  
доц. А.С. Бабенко  
(кафедра биоорганической химии, БГМУ, ОДО «Праймтех»)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИЙ *PROPIONIBACTERIUM ACNES* НА КОЖЕ ЛИЦА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПЦР-РВ

Целью работы является экспериментальное определение присутствия бактерий *Propionibacterium acnes* на коже лица человека с помощью метода ПЦР-РВ с применением наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» (комплектация «С») и Qiagen QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit (50).

*P. acnes* – анаэробные бактерии, которые обитают в порах кожи на Т-зоне. По мере отшелушивания и обновления кожи бактерии оказываются на ее поверхности и погибают. Предполагается, что пропионобактерии, в частности *P. acnes*, могут обладать патогенными свойствами, поэтому их определение на коже лица человека является актуальной задачей. Метод ПЦР-РВ обладает рядом преимуществ по сравнению с методами культивирования и простого ПЦР, так как является более экспрессным, специфичным и чувствительным.

У участников эксперимента были взяты соскобы с Т-зоны лица с помощью стерильных одноразовых цитощеточек (в дальнейшем: участник 1 – проба 1). Из этих проб была выделена ДНК. Первые 6 – набором реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб», комплектация «С». Вторые 2 пробы – набором Qiagen QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit (50), строго следуя инструкциям. В первых 6 пробах оказалось недостаточно ДНК для исследования. В пробе 7 и 8 было обнаружено необходимое количество генетического материала. Для определения ДНК *P. acnes* была использована апробированная ранее методика [1].

Олегонуклеотиды синтезировали в ОДО «ПРАЙМТЕХ»: acne f GCG TGA GTG ACG GTA ATG GGT A; Acne re TTC CGA CGC GAT CAA CCA; Acne probe FAM AGC GTT GTC CGG ATT TAT TGG GCG VHQ1. После реакции была обнаружена ДНК бактерии *P. acnes* в пробе 7,8. Количество копий генома составляло от 100 000 до 1 000 000.

В результате сравнения эффективности наборов реагентов для выделения ДНК «Нуклеосорб» (комплектация «С») и Qiagen QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit (50) было выявлено, что первый не подошел для определения бактерии *P. acnes*, так как он не предназначен для работы с бактериями. Возможно также, 6 проб не дали результат из-за

неправильного взятия материала. При использовании второго набора получилось обнаружить ДНК бактерии. Следовательно, второй набор, разработанный специально для работы с бактериями, подходит для определения *P.acnes* на коже лица, однако он является дорогостоящим.

Таким образом, использование реагентов для выделения ДНК Qiagen QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit (50) является эффективным при определении бактерий *P.acnes* на коже лица человека методом ПЦР-РВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глоба, А. Г., Алексеев, Я. И., Арзуманян, В. Г., Заборова, В. А., Гуридов, А. А. Использование метода ПЦР реального времени для количественного определения нескольких видов пропионовых бактерий, обитающих на коже человека. Биомедицинская химия, 60(3), С. 372–377.

УДК 17.023.4

студ. Т.А. Финогенов, Т.А. Бурбовский  
Науч. рук. зав. кафедрой П.М. Бурак  
(кафедра философии и права, БГТУ)

## **БИОТЕХНОЛОГИЯ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ, ДОСТИЖЕНИЯ, РИСКИ И СОЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

В настоящее время особую значимость приобретают высокотехнологичные отрасли производства. Одной из таких отраслей является биотехнология. Учитывая высокую значимость биотехнологии в экономике Республики Беларусь, данная отрасль производства представляет существенный интерес. С другой же стороны, биотехнология является крайне противоречивой сферой, поэтому для наиболее точного понимания сути, мы бы хотели взглянуть на неё со стороны философии, так как только данная наука позволяет изучить предмет абсолютно со всех сторон.

Цель работы: Наиболее подробно изучить, решения каких проблем могут быть найдены с помощью биотехнологии; к каким последствиям может привести неконтролируемое развитие биотехнологии; как можно уменьшить негативные последствия внедрения разработок биотехнологии. В работе были проанализированы основные морально-этические проблемы, связанные с развитием биотехнологии, а также способы уменьшения их негативных последствий.

Биотехнология является одной из самых бурно развивающихся областей науки и производства и базируется на использовании дости-

жений химии, биологии, физики в целях применения потенциала микробных, растительных и животных клеток в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, получении энергоносителей и защите окружающей среды. Это область науки, которая занимается производством продуктов питания, медицинских препаратов и их модификаций при использовании биологических систем живых организмов и их производных.

На сегодняшний день биотехнологии являются одной из самых динамично развивающихся и инвестиционно-привлекательных отраслей мировой экономики.

По оценкам ведущих экспертов отрасли к 2025 г. биотехнология обеспечит 2,7 % ВВП развитых стран. Для развивающихся стран вклад биотехнологии будет еще больше. К 2025 г. биотехнология обеспечит 80 % медицинских препаратов, 35 % химической промышленности и 50 % сельскохозяйственного производства. По оценкам экспертов, мировой рынок биотехнологий в 2025г. достигнет уровня в 2 триллиона долларов. Объем европейской биоэкономики в настоящее время составляет около 2,200 миллиардов евро, что соответствует 17% ВВП ЕС.

В ходе статьи были рассмотрены морально-этические и социальные проблемы развития и внедрения разработок биотехнологии, их негативные и позитивные стороны, способы уменьшения негативных последствий. Мы выделили среди них шесть актуальных проблем, которые возникают вместе с развитием биотехнологии: проблему влияния развития биотехнологии на окружающую среду, проблему биотерроризма, проблему обеспечения безопасности практики испытательного применения фармпрепаратов, морально-этические проблемы клинических испытаний, проблему мошенничества специалистов фармацевтической сферы, а также проблему объективности оценки ГМО. Нами были рассмотрены причины и последствия данных проблем, а также способы их решения.

В ходе нашего доклада был сделан вывод, что основная проблема заключается в слишком быстром развитии биотехнологии. Данная тенденция приводит к тому, что морально-этические принципы не успевают формироваться с такой же скоростью, что делает пользу от достижений, достигнутых с помощью использования биотехнологии, неоднозначной и противоречивой для общества. данная отрасль науки нуждается в тщательном контроле, который мог бы объективно оценивать все результаты, полученные с помощью биотехнологии и проследивать взаимосвязи между положительными и отрицательными последствиями внедрения биотехнологических разработок.

студ. С.В. Ульянов  
Науч. рук. зав. Кафедрой П.М. Бурак  
(кафедра философии и права, БГТУ)

## **СОЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОБЛЕМЫ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМА ЧЕЛОВЕКА: ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ**

В современном обществе все стремительней развивается медицина как наука. Среди проблем, связанных с генетикой, пристальное внимание исследователей в последние годы привлекает вопрос о редактировании генома человека.

Под термином «редактирование генома» понимают целый набор технологий, которые позволяют изменять ДНК живых организмов – добавлять, изымать или модифицировать генетический материал. С их помощью, например, можно удалить у эмбриона ген, который отвечает за развитие мучительной болезни. В то же время использование подобного инструмента может привести к нежелательным и непредсказуемым последствиям, например, созданию некоего суперчеловека

Технология CRISPR – это простой, но мощный инструмент для редактирования генома. Он позволяет легко изменять последовательности ДНК и функцию генов. Его потенциальные применения включают в себя исправление генетических дефектов, лечение и предотвращение распространенных болезней. Однако, использование данной технологии вызывает ряд этических вопросов.

Геном различных организмов кодирует серию сообщений и инструкций в своих последовательностях ДНК. Редактирование генома включает в себя изменение этих последовательностей. Это можно сделать, разрезав ДНК, обманывая механизмы восстановления естественной ДНК клетки, внося изменения, которые вы захотите. CRISPR-Cas9 предоставляет все средства для этого.

Бактерии постоянно должны отражать атаки вирусов – своих естественных врагов. Для этого они производят специальные ферменты. Каждый раз, когда бактерии удается убить вирус, она разрезает остатки его генетического материала и сохраняет их внутри последовательностей CRISPR. Затем эта информация используется в случае новой вирусной атаки. При нападении бактерия производит белки Cas9, которые несут фрагмент генетического материала вируса. Если этот участок и ДНК атакующего вируса совпадают, Cas9 разрезает генетический материал последнего и нейтрализует угрозу.

Степень, в которой наследственные вмешательства по редактированию генома могут стать частью вспомогательных репродуктивных технологий, будет зависеть от развития нашего понимания генома (который содержит последовательность мишеней) и самих методов редактирования.

Одна из основных причин, по которой трудно предсказать, насколько полезным будет редактирование генома, заключается в том, что мы не имеем полного представления о том, как функционирует геном. Хотя некоторые отдельные генные нарушения хорошо изучены, большинство заболеваний, по-видимому, вызваны взаимодействием нескольких генов или генов, а также разнообразием факторов окружающей среды. Многие характеристики, отличающиеся между людьми, такие как поведение или интеллект, еще более сложны. Маловероятно, чтобы редактирование генома давало возможность контролировать их предсказуемо.

Растущая доступность и использование секвенирования всего генома в целом позволит получить больше знаний о геноме, однако извлечение информации из огромного объема данных будет сопровождаться трудностями. Еще предстоит выяснить, насколько тесно многие человеческие характеристики могут быть связаны с конкретным генетическим вариантом или комбинацией вариантов. Следовательно, трудно предсказать диапазон потенциального использования редактирования генома.

Многие потенциальные применения технологии CRISPR вызывают вопросы об этических достоинствах и последствиях переделки генов.

Создание генетических модификаций человеческого эмбриона и репродуктивных клеток, известно, как редактирование зародышевой линии. Поскольку изменения этих клеток может передаваться по наследству, использование технологии CRISPR для внесения изменений в зародышевую линию вызывает ряд этических проблем.

Изменчивая эффективность, нецелевые эффекты и неточные изменения создают риски для безопасности. Редактирование зародышевой линии повышает вероятность непредвиденных последствий для будущих поколений, поскольку мы еще ограничены в знаниях о генетике человека, взаимодействиях между генами и окружающей средой и путями заболевания.

студ. Д.В. Бутель  
Науч. рук. зав. кафедрой П.М. Бурак  
(кафедра философии и права, БГТУ)

## **ПРЕФИГУРАТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА**

Любое общество стремится к стабильности. Структурной основой стабильности общества ценности и социальные нормы, которые значительно влияют на организацию совместной жизни людей. Для отражения способности норм к поддержанию стабильности общества их условно разделяют на конструктивные и деструктивные, где конструктивные поддерживают базовые ценности, а деструктивные не признают породившие их ценности и тем самым являются одной из немногих причин разрушения общества.

В современных обществах деструктивные нормы, присутствуя в ценностно-нормативной структуре, оказывают отрицательное влияние на общественные отношения, в том числе и межпоколенные.

В научной литературе по проблеме взаимоотношений поколений преобладают две точки зрения: одни авторы обосновывают идею глобального всеобщего разрыва между поколениями, который постоянно увеличивается (М. Мид, С.Н. Паркинсон и др.). Другие исследователи подчеркивают маятниковый характер межпоколенных взаимоотношений. С их точки зрения периоды конфликтов чередуются с периодами преемственности. Осмысление студенческого бунта 1960-х гг. приводит Мид к выдвижению гипотезы о существовании трёх разных культур в зависимости от типа отношений между поколениями:

- постфигуративной - передача знаний от взрослых к детям;
- кофигуративной – получение знаний детьми и взрослыми преимущественно от своих сверстников;
- префигуративной - передача знаний от детей к взрослым.

В 1988 году впервые была переведена на русский язык и издана работа «Культура и преемственность» М. Мид, то время с трудом верилось в возможность прихода префигуративной культуры. Сейчас её слова поражают гениальностью предвидения: «Сегодня же вдруг во всех частях мира, где все народы объединены электронной коммуникативной сетью, у молодых людей возникла общность опыта, того опыта, которого никогда не было и не будет у старших. И наоборот, старшее поколение никогда не увидит в жизни молодых людей повторения своего беспрецедентного опыта перемен, сменяющих друг друга. Этот разрыв между поколениями совершенно нов, он глобален и

всеобщ. Сегодняшние дети вырастают в мире, которого не знали старшие, но некоторые из взрослых предвидели, что так и будет. Те, кто предвидел, оказались предвестниками префигуративной культуры будущего, в которой предстоящее неизвестно». То, о чём в этих строках пишет Мид, сбывается? В современное время детство сильно влияет на мир взрослых, ставит перед ним все новые и новые задачи, через своего рода «диктат развивающихся потребностей», заставляя считаться с собой и как с генеральным потребителем, и как с все более влиятельным проектировщиком развития общества и его институтов. Примером метаморфоз детства стали позиционирование «внутреннего ребенка» во взрослом субъекте. Таким образом детство воздействует на изменение межпоколенных отношений, а это является показателем стремительно приближающегося конфликта смены онтологических статусов базовых социальных институтов общества.

Эти процессы ведут за собой инфантилизацию взрослого поколения и потерю рационального контроля за детством, близкого к состоянию социального хаоса, что приводит к нестабильности в обществе. В качестве механизма, компенсирующего подобные эффекты можно предложить формирование фамилистической культуры

Большинство исследователей считают, что семья, состоящая из трех поколений — наилучшая и наиболее ценная воспитательная среда благодаря социально-психологической дифференциации. Но для эффективности важно, чтобы все члены семьи были понимающими и доброжелательными друг к другу, чтобы их связывало единство взглядов и потребностей, также важна эмоциональная психологическая связь. В такой семье элементы традиций сочетаются с процессами перемен, характерных современной жизни. По мнению социологов, принять и оценить вклад, который вносит кто-то из представителей старшего поколения, требует определенной психологической зрелости и культуры молодых членов семьи. Как отмечают ученые, в жизни семьи, которая представлена тремя поколениями, важным становится разделение обязанностей, чтобы каждый мог оказать положительное влияние на воспитание ребенка. Таким образом, межпоколенное взаимодействие играет важную роль, как в обеспечении психологического благополучия пожилых людей, так и молодёжи.

## **ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНЫ КАК НАУКИ И ЕЕ СОЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

Медицина играет немаловажную роль в продлении жизни. Медицину можно отнести к науке, так как она обладает её критериями: собственным предметом изучения, специфическими методами, особой формой практической реализации знания, особыми категориями (главными понятиями).

Главными медицинскими понятиями служат норма, патология, здоровье, болезнь.

Норма – 1) такие показатели организма, которые обусловлены мировым разумом(объективно-идеалистическая трактовка); 2) такие показатели организма, которые медицинское сообщество договорилось считать нормальными, т.е. норма – это результат соглашения между медиками(субъективно-идеалистическая конвенциональная трактовка); 3) исходя из диалектико-материалистической трактовки, норма имеет объективный характер, а её сущность выявляется на основе диалектического закона перехода количества в качество и философской категории меры.

В биологии и медицине философской категории меры соответствует понятие нормы. Норма – это мера здоровья, тот интервал изменений показателей организма, который характерен для состояния здоровья. Как и любая мера, норма имеет нижнюю и верхнюю границы. Если в организме возникает патологический процесс, то показатели организма начинают изменяться, и пока они не выходят за границу нормы, сохраняется состояние здоровья. Когда же показатели выходят за пределы нормы, то это уже свидетельствует о том, что состояние здоровья сменилось состоянием болезни. Отклонение показателя от нормы – это патология, симптом болезни.

В настоящее время пока пользуются средней для всех людей нормой, эти показатели обычно и приводят в учебниках. Но с помощью средней нормы не всегда можно точно установить патологию. Перспектива более точного установления патологии – изучение систем саморегуляции в организме. Норма – это оптимум функционирования.

Патология – это интервал изменений показателей организма, характерный для состояния болезни.

Норма и патология вместе составляют меру жизни, или границы жизни, – тот интервал изменений показателей организма, при котором организм может оставаться живым. Выход показателей за границу жизни означает смерть.

Жизнь существует в двух формах – в форме здоровья и форме болезни. Существует множество трактовок понятия здоровья, например: 1) состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических недостатков ( по определению ВОЗ); 2) состояние полного, физического, душевного и социального благополучия и способность приспосабливаться к постоянно меняющимся условиям внешней окружающей среды и естественному процессу сохранения, а также отсутствие болезней и физических дефектов (Г.Л. Билич, Л.В. Назарова), 3) здоровье организма определяется количеством его, которое можно оценить максимальной продолжительностью работы органов при сохранении качественных пределов их функций (Н.М. Амосов); 4) здоровье – это такое состояние организма и личности, при котором их показатели соответствуют норме, а человек в полной мере может выполнять свои социальные функции (Маркс) и т.д.

Исходя из закона диалектической противоречивости, болезнь есть единство двух противоположностей: процессов повреждения, деструкции (вызванных внешними и внутренними факторами – инфекцией, токсинами, радиацией, генетическими изменениями, температурными и механическими воздействиями и др.) и процессов компенсации, защиты. Если преобладает деструкция, то болезнь усиливается; если превалирует защита, то идёт выздоровление; при их равновесии наблюдается хроническое течение болезни. Задача медицины – ослаблять деструкцию и усиливать защиту.

Медицина - это система знаний о взаимосвязи процессов нормальной и патологической жизнедеятельности организма и личности человека; эти знания используются для диагностики, лечения, профилактики болезней и повышения уровня здоровья людей.

На взаимоотношения медицины и общества существуют две противоположные точки зрения. Сторонники первой считают, что косное общественное мнение тормозит прогресс медицины. Сторонники второй убеждены, что развитие медицины нарушает гармоничное единство природы и человека, является основной причиной ослабления человечества в целом и даже может привести его к вырождению.

Медицинские технологии в современном обществе часто рассматриваются как лечение или лекарство от проблем со здоровьем че-

ловека. К сожалению, негативные последствия этих технологий часто остаются незамеченными людьми.

Помимо этого всего не стоит забывать, что, исходя из этических соображений, медицинские технологии должны быть признаны и оценены.

Таким образом, медицина – это комплексная наука, включающая в себя естественнонаучное, гуманитарное, социологическое и техническое знание; имеет присущие ей понятия такие как здоровье, болезнь, норма и патология. Медицина и медицинские технологии оказывают существенное влияние на общество и их развитие ставит все новые этические проблемы. В настоящее время, в целом, медицина выполняет свои главные задачи - диагностику, лечение, профилактику болезней и повышения уровня здоровья людей. С течением времени люди стали все больше полагаться на современную медицину несмотря на то, что есть обратная сторона её развития.

УДК 321.01

студ. О.Л. Самайлович  
Науч. рук. ст. преп. М.В. Подручный  
(кафедра философии и права, БГТУ)

### **КОНЦЕПЦИЯ ВЛАСТИ ЗНАНИЯ М. ФУКО**

Философия есть процесс размышления над мировоззренческими вопросами, зачастую "вечными" с позиции разума, мышления, которое соединяет в себе помимо чистого рассудка, логики еще и высокие чувства, представления о высших целях человека... Философия пытается узнать истину, истину по широким вопросам (смысл жизни, бесконечность вселенной и т.д), так и по более узким (философские проблемы нейрофизиологии, философия власти и т.д), максимально независимо от прагматики, политики, истории, объективно.

Концепция власти знания характера для периода творчества М. Фуко в 70-ые гг. Эта концепция представлена в основном в двух работах философа - "Надзор и наказание" (1975) и «Воля к истине. По ту сторону знания, власти и сексуальности» (1976). Фуко говорит о комплексах, структурах власть-знание, в которых знание зависит от власти больше, чем от знания власть. Власть-анонимный механизм, по мнению Фуко.

Но можно сказать, что такая трактовка власти может быть определена/навязана самой властью, под влияние которой попал и сам Фуко. И что такое власть? По-моему на человека может влиять, т.е. являться властной структурой по отношению к человеку, существенно

его тело, структуры мозга и т.д. Безусловно, условия жизни человека влияют и на самого человека, его тело. А эти условия жизни определяются властными структурами в политическом смысле этого слова. Однако власть также представлена конкретными людьми. И как они принимают решение и что ими движет - это отдельный вопрос. Но сложно согласиться с Фуко, что власть анонимна, и конкретный человек ничего не может сделать в плане управления своей собственной жизнью. Фуко говорит о четырех "основных правилах" своего исследования: 1) наказание необходимо рассматривать как сложную общественную функцию; 2) карательные методы - суть техники, обладающей собственной спецификой в более общем поле прочих методов отправления власти; наказание, таким образом, выступает определенной политической тактикой; 3) история уголовного права и история гуманитарных наук имеют общую 'эпистемолого-юридическую' матрицу; технология власти должна быть положена в основу как гуманизации уголовного права, так и познания человека; 4) появление 'души' в сфере уголовного правосудия, сопряженное с внедрением в судебную практику корпуса 'научного' знания, есть следствия преобразования способа захвата тела как такового отношениями власти. Наказание как следствие реализации справедливости конечно необходимо и обществу, и власти. Власти необходимо показывать свою справедливость: наказывать виновных, вознаграждать героев. Однако сегодня актуальным является вопрос определения кто герой, а кто преступник... Фуко ставит на первое место "технологии власти" в динамике и развитии наук, и человека в целом. Некоторые тезисы Фуко могут показаться не совсем терминологически точными. Например, можно вместо "технологии власти" Фуко "подставить" такую "переменную" как "справедливость" и сказать, что идея справедливости, стремление к ней является двигателем человеческого общества и науки. Также Фуко формулирует несколько главных правил техники власти: 1) правило минимального количества: с идеей преступления связывалась идея скорее невыгоды, нежели выгоды; 2) правило достаточной идеальности: сердцевину наказания должно составлять не столько действительное ощущение боли, сколько идея боли — 'боль' от идеи 'боли'; 3) правило побочных эффектов: наказание должно оказывать наибольшее воздействие на тех, кто еще не совершил проступка; 4) правило абсолютной достоверности: мысль о всяком преступлении и ожидаемой от него выгоде должна быть необходимо и неразрывно связана с мыслью о наказании и его результате — законы должны быть абсолютно ясными и доступными каждому; 5) правило общей истины: верификация преступлений должна подчиняться критериям, общим для всякой ис-

тины — отсюда, в частности, идея ‘презумпции невиновности’ — научное доказательство, свидетельства органов чувств и здравый смысл в комплексе должны формировать ‘глубинное убеждение’ судьи; б) правило оптимальной спецификации: необходима исчерпывающе ясная кодификация преступлений и наказаний — при конечной ее цели в виде индивидуализации (особо жесткое наказание рецидивистов, как осуществивших намерения очевидно преступной собственной воли).

Искусство наказывать в режиме дисциплинарной власти, по мысли Фуко, не направлено на репрессию. Оно: 1) соотносит действия и успехи индивида с неким целым; 2) отличает индивидов друг от друга; 3) выстраивает их в иерархическом порядке; 4) устанавливает степень соответствия тому, что должно достигнуть; 5) определяет внешнюю границу ненормального. Оно нормализует. Через дисциплины проявляется власть Нормы. Фуко говорит о том, что в дисциплинарном режиме индивидуализация является нисходящей: чем более анонимной и функциональной становится власть, тем больше индивидуализируются те, над кем она отправляется (в системе дисциплины ребенок индивидуализируется больше, чем взрослый). Фуко делает вывод: все науки, формы анализа и практики, имеющие в своем названии корень «психо», происходят из этого исторического переворачивания процедур индивидуализации. В поздних работах Итак, в своей "генеалогии власти-знания" Фуко попытался своеобразно выяснить механизмы формирования различных форм познания человека, которое детерминировано социальным взаимодействием и подчинением. Власть, по мнению Фуко, носит всеобщий и анонимный характер, пронизывает все сферы жизни человека, поэтому ее можно наблюдать в семье, школе, казарме и т.д. Дисциплина, следование норме, норма, как таковая, определяют предметы и методы познания, человеческое сознание.

студ. А.Д. Бунос  
Науч. рук. проф. Э.Т. Крутько  
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

## **МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ КСІ И NaCl В ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМАХ АГРОГОРОДКА «ДОЛГОЕ» СОЛИГОРСКОГО РАЙОНА**

Щелочные металлы имеют огромное биологическое значение. Вследствие очень легкой окисляемости они встречаются в природе исключительно в виде соединений. Катион натрия выполняет важнейшие функции поддержания водно-солевого баланса организма, влияющего на осмотическое давление; способствует усвоению питательных веществ; воздействует на процесс снабжения тканей кислородом и транспортировку аминокислот и глюкозы через клеточные мембраны. Таким образом, обойтись без этого элемента невозможно. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), суточная норма поваренной соли (хлористого натрия) для человека составляет 5 г. Переизбыток ионов натрия в организме вызывает задержку жидкости, как следствие – нарушение баланса жидкости в клетках, вздутие живота, отеки, рост артериального давления.

Основным месторождением калийной соли (КСІ) в Беларуси является Старобинское месторождение. Катион калия является основным регулятором многих процессов в нашем организме. Он нормализует выделительную функцию почек, регулирует кислотно-щелочной баланс крови и водно-солевой баланс внутри и вне клеток. Суточная норма хлористого калия для человека составляет 3,5 г. Симптомами избытка могут служить раздражительность, потливость, колики, нарушение мочеиспускания, аритмия.

Таким образом, ионы натрия и калия являются важными микроэлементами для нашего организма. Поэтому определение содержания этих ионов в питьевых и поверхностных водах является необходимой и актуальной задачей.

Объект исследования: природные и питьевые воды агрогородка Долгое Солигорского района. Предмет исследования: содержание ионов натрия и калия в природных и питьевых водах Солигорского района. Целью данной работы являлось определение содержания хлористого натрия и хлористого калия в выбранных для анализа пробах.

Для проведения анализа использовался метод эмиссионной фотометрии пламени. Он применяется только для определения наиболее

легковозбудимых элементов – щелочных и щелочноземельных металлов. Метод основан на измерении интенсивности света, излучаемого возбужденными атомами или молекулами при введении вещества в пламя горелки. В пламени при достаточно высоких температурах (900-1000°С) происходят сложные физико-химические процессы (испарение растворителя, испарение твердых частиц, атомизация, возбуждение свободных атомов, эмиссия - возвращение атомов в основное состояние с выделением квантов света) [1]. Работу выполняли методом серии добавок. Для проведения анализа измеряли величины фототока пробы и нескольких растворов той же пробы с добавками стандартных растворов натрия и калия при двух светофильтрах. Строили два графика в координатах сила фототока – концентрация добавки и по ним находили концентрацию ионов натрия и калия в исследуемой воде как величину отрезка, отсекаемого прямой на оси абсцисс [2].

Полученные экспериментальные данные представлены в таблице.

**Таблица 1 – Содержание ионов натрия и калия в образцах воды, взятых из различных источников**

Образец	Содержание ионов, мг/л	
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Вода из колодца	38,64	8,24
Вода из реки	52,84	15,62
Вода из водохранилища	46,72	12,86

Результаты экспериментальных исследований показали, что в пробе из реки содержание ионов натрия и калия имеет наибольшее значения, но во всех анализируемых образцах оно соответствует установленным ПДК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум / Е. В. Радион [и др.]; под ред. Е. В. Радион. – Минск : БГТУ, 2010. – 110 с.
2. Физико-химические методы анализа: Тексты лекций по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» / А. Е. Соколовский, Е. В. Радион. – Минск.: БГТУ, 2007. – 128 с.

**Секция  
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
И ТЕХНИКИ**

Студ. М.Н. Зиновьев  
Науч. рук. доц. Н.П. Коровкина  
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ);  
доц. Н.Н. Пустовалова  
(кафедра информационных систем и технологий, БГТУ)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ НАСОСОВ И ВЕНТИЛЯТОРОВ**

В настоящее время более 60% всей вырабатываемой в мире электрической энергии потребляется электрическими двигателями. Следовательно, эффективность энергосберегающих технологий в значительной мере определяется эффективностью электропривода.

Естественной альтернативой как коллекторным приводам, так и в некоторой степени приводам переменного тока, являются вентильно-индукторные. Двигатели этого типа просты в изготовлении, технологичны и дешевы. Они имеют пассивный ферромагнитный ротор без каких-либо обмоток или магнитов.

Основные преимущества вентильно-индукторных машин перед аналогами: простота конструкции, высокая надежность ротора ввиду отсутствия на нем каких-либо обмоток, бесконтактный плавный способ регулирования частоты, вращение в широких пределах при постоянстве вращающего момента, минимальный объем технического обслуживания в период эксплуатации, значительное снижение массы и габаритов.

Целью данной работы явилось определение экономии электрической энергии при замене асинхронных двигателей (АД) вентильно-индукторными (ВИД).

Экономический эффект от замены двигателей определялся с учетом приведения эксплуатации оборудования к номинальному режиму, т. к. при трудно прогнозируемом режиме работы оборудования изначительном его отклонении от номинального, годовая экономия электроэнергии за более длительный период может существенно отличаться от расчетной. Экономия электрической энергии при замене асинхронных двигателей на вентильно-индукторные одинаковых мощностей определяется по величине снижения потерь.

Разность потерь мощности АД и ВИД:

$$\Delta P = \Delta P_{1АД} - \Delta P_{1ВИД} = P_{ном} \cdot (1/\eta_{АД} - 1/\eta_{ВИД}), \text{кВт},$$

где  $\Delta P_{1АД}$ ,  $\Delta P_{1ВИД}$  – потребляемые мощности соответственно АД и ВИД, кВт;  $P_{ном}$  – номинальная мощность двигателей АД и ВИД, кВт;

$\eta_{\text{АД}}$  – КПД асинхронного двигателя;  $\eta_{\text{ВИД}}$  – КПД вентильно-индукторного двигателя.

Экономия электрической энергии в год:

$$\Delta W = P_{\text{ном}} \cdot (1/\eta_{\text{АД}} - 1/\eta_{\text{ВИД}}) \cdot t, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где  $t$  – число часов работы за год,  $t = 4300$  час.

Стоимость сэкономленной электроэнергии в течение года:

$$C_{\text{сэ}} = \Delta W \cdot b,$$

где  $b = 0,23$  руб. – стоимость одного кВт·ч электроэнергии для предприятий по двухставочному тарифу.

Срок окупаемости мероприятия:

$$T_{\text{ок}} = C_{\text{ВИД}} / C_{\text{сэ}}, \text{ год},$$

где  $C_{\text{ВИД}}$  – стоимость ВИД, руб.

В табл. 1 и табл. 2 приведены исходные данные и оценка экономии электроэнергии при замене асинхронных двигателей вентильно-индукторными.

**Таблица 1 – Использование ВИД в насосных агрегатах**

№ п/п	$P_{\text{ном}},$ кВт	$\eta_{\text{ад}}$	$\eta_{\text{вид}}$	$\Delta P,$ кВт	$\Delta W,$ кВт·ч	$C_{\text{сэ}},$ тыс.руб	$C_{\text{вид}},$ тыс.руб	$T_{\text{ок}},$ год
1	18	0,77	0,92	7,78	16254	3,738	1,79	0,5
2	20	0,85	0,92	1,80	7740	1,780	1,79	1,0
3	22	0,78	0,94	4,84	20812	4,780	1,82	0,4
4	22	0,68	0,92	8,36	35948	8,268	1,82	0,2
5	22	0,62	0,92	11,66	50138	11,531	1,82	0,1
6	75	0,89	0,94	4,50	19350	4,450	5,85	1,3
7	95	0,89	0,94	0,06	24510	5,637	8,45	1,5

**Таблица 2 – Использование ВИД в вентиляторах**

№ п/п	$P_{\text{ном}},$ кВт	$\eta_{\text{ад}}$	$\eta_{\text{вид}}$	$\Delta P,$ кВт	$\Delta W,$ кВт·ч	$C_{\text{сэ}},$ тыс. руб	$C_{\text{вид}},$ тыс. руб	$T_{\text{ок}},$ год
1	2,8	0,83	0,92	2,28	9836	2,254	1,66	0,74
2	13	0,85	0,92	1,19	5117	1,177	1,69	1,45
3	14	0,85	0,94	1,57	6751	1,553	1,75	1,13
4	18,5	0,84	0,92	1,92	8234	1,894	1,80	0,95
5	18,5	0,70	0,92	6,32	27176	6,250	1,80	0,30
6	22	0,87	0,92	1,37	5891	1,355	1,82	1,35
7	30	0,88	0,94	3,31	14233	3,274	2,08	0,65

Таким образом, применение ВИД в качестве электроприводов различного технологического оборудования является перспективным направлением в системах энергосбережения промышленных предприятий.

Студ. Н. Д. Казей  
Науч. рук. доц. Н.П. Коровкина  
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ);  
доц. Н.Н. Пустовалова  
(кафедра информационных систем и технологий, БГТУ)

## **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

В настоящее время на промышленных предприятиях процент энергетических затрат в издержках составляет 9-12%, и этот процент постоянно растет. Эта проблема связана в основном с физическим и моральным износом оборудования, большие потери энергетических ресурсов возникают также при транспортировке.

Энергосбережение сводится к снижению потерь энергии. Из общепринятой структуры потребителей электроэнергии, где электропривод занимает 60%, следует, что основной эффект может быть получен в наиболее энергоемкой сфере – сфере электропривода.

Для республики Беларусь, не обладающей значительными запасами углеводородных ресурсов, вопросы энергосбережения особенно актуальны. Это связано с ограниченностью основных энергоресурсов и непрерывно возрастающей сложностью их добычи, с глобальными экологическими проблемами, обозначившимися в последнее время.

Переход к частотно-регулируемому электроприводу (ЧРЭП) позволяет радикально решить проблему энергосбережения. Из всей электроэнергии, потребляемой электроприводом, 40% приходится на электроприводы насосов и вентиляторов.

Система «электронный преобразователь частоты – короткозамкнутый асинхронный двигатель» в настоящее время является оптимальным техническим решением массового электропривода. Она особенно привлекательна на стадии модернизации предприятия: сохраняется все существующее оборудование, но между сетью и двигателем включается новый элемент – преобразователь частоты, радикально меняющий весь технический и экономический облик системы.

Экономический эффект от реализации энергосберегающего мероприятия определяется с учетом приведения к номинальному режиму эксплуатации оборудования. При других режимах работы оборудования и значительном его отклонении от номинального годовая экономия электроэнергии за более длительный период может существенно отличаться от расчетной.

Определим экономию электрической энергии при замене асинхронных двигателей частотно-регулируемыми.

Годовой расход электроэнергии при работе двигателя насоса с номинальной частотой вращения:

$$W = P_{\text{ном}} \cdot t \cdot K_{\text{и}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где  $P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность;  $t$  – число часов работы в году насоса, ч;  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования.

Годовой расход электроэнергии при работе насоса с частотно-регулируемым электроприводом:

$$W_{\text{ч}} = P \cdot t \cdot K_{\text{и}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Годовая экономия электроэнергии при работе насоса с частотно-регулируемым электроприводом по сравнению с асинхронным двигателем насоса:

$$\Delta W = W - W_{\text{ч}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

В таблице приведены данные расчета по определению экономической эффективности при установке частотно-регулируемого электропривода на насосных агрегатах.

**Таблица – Экономическая эффективность использования ЧРЭП**

Наименование насоса	$P_{\text{ф}}$ , кВт	$P_{\text{пч}}$ , кВт	$W_{\text{ф}}$ , кВт·ч	$W_{\text{пч}}$ , кВт·ч	$\Delta W$ , кВт·ч
Насос для приготовления перегретой воды	58	34	222720	130560	92160
Насос для подпитки	71	51,4	272640	197376	75264
Насос для охлаждения	140	101	537600	387840	149760
Насос расхода сетевой воды	200	91	1752000	797160	954840

В данной таблице:

$P_{\text{ф}}, P_{\text{пч}}$  – потребление электрической мощности до и после установки ЧРЭП;

$W_{\text{ф}}, W_{\text{пч}}$  – потребление электроэнергии до и после установки ЧРЭП;

$\Delta W_{\text{э}}$  – экономия электроэнергии в год.

Приведенные расчеты показали, что использование частотно-регулируемого электропривода наряду с техническими преимуществами этих двигателей, приводит к значительной экономии электроэнергии на промышленных предприятиях.

Студ. К.А. Норейко  
Науч. рук. доц. О.И. Александров  
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## **МЕТОДИКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАФИКА РЕМОНТОВ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Энергетические системы нашей страны должны своевременно и качественно обеспечивать потребности населения в электрической и тепловой энергии, а также гарантировать жизнедеятельность почти всех отраслей экономики страны и безопасности государства. Функционирование электротехнического и тепломеханического оборудования без текущего и капитального ремонтов невозможно. Эта проблема стоит очень остро и вызывает всеобщий интерес.

Цель нашей работы заключается в разработке рациональной методики для формирования оптимального графика ремонтов основного оборудования тепловых электростанций. В качестве исходного варианта для настоящего исследования был принят разработанный ранее в РУП «БелТЭИ» комплекс программ «NORD».

Основными целями разработки графика ремонтов энергетической системы являются следующие:

Во-первых, обеспечение экономичного режима работы энергосистемы. В первом приближении достигается запретом размещения ремонтов на экономически невыгодных интервалах и путем совмещения по времени выполнения ремонтов взаимосвязанного оборудования.

Во-вторых, создание благоприятных организационных и финансовых условий выполнения ремонтно-монтажных работ подрядными организациями и собственным персоналом и, этим самым, снижение издержек на ремонтную кампанию. Достигается путем выравнивания загрузки ремонтного персонала в целом и с разделением по специальностям.

В-третьих, обеспечение надежного снабжения потребителей электрической и тепловой энергией. Достигается размещением ремонтов на графике таким образом, чтобы относительные резервы мощности на интервалах планирования (отношение резервной мощности к потребляемой) были максимально выровнены.

Исходными данными для составления оптимального графика ремонтов основного оборудования электростанций являются:

1. База оборудования энергетической системы;

2. Величины сезонных изменений мощности для каждой единицы оборудования (ремонт теплофикационной турбины летом может не дать снижение мощности станции из-за снижения суммарной величины тепловых нагрузок);

3. Список планируемых ремонтов с необязательным указанием для каждого ремонта стоимостных показателей, трудовых затрат, ремонтного персонала, используемых механизмов и машин и др.;

4. Список условий и ограничений для каждой станции, котельной, по возможностям ремонтных компаний, по интенсивности финансирования ремонтных работ и другие, которые, по возможности, должны быть выполнены в разрабатываемом графике.

При несовместности требуемых ограничений оптимальный график ремонтов составляется с минимальными отклонениями от абсолютного экстремума при любых вариантах исходных данных. Специфика планирования ремонтов основного стационарного оборудования такова, что не всегда удается получить приемлемый алгоритм для пошагового планирования графика ремонтных работ с помощью регулярных аналитических методов.

Результатом решения данной проблемы является полученный график комплекса ремонтных работ основного стационарного оборудования с привязкой к конкретным числам рассматриваемого календарного месяца для определенного года. Последним этапом решения поставленной задачи является проверка составленного графика по критериям надежности, экономичности, технологичности, обеспечения материалами и ремонтным персоналом. При необходимости выполняется проверка по режимно-технологическим, межсистемным ограничениям и надежности электроснабжения энергоемких промышленных потребителей всех категорий.

Составленная программа по сформулированной задаче дает возможность просмотреть паспорт каждого ремонта и связанные с ним ограничения с заданными параметрами в темпе процесса, т.е. при непосредственном ведении эксплуатационного процесса.

Резюмируя, можно отметить, что использование составленной программы позволит максимально оптимизировать график ремонтов основного тепломеханического оборудования с учетом удовлетворения критериев экономичности и безопасности энергетических систем. В результате повысится надежность, качество и энергоэффективность объектов, которые удовлетворяют потребности населения и промышленности в электрической и тепловой энергии.

Студ. Е.И. Ермак, А.С. Зуевич, М.Д. Карпович,  
Науч. рук. доц. О.И. Александров  
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## **К ПРОБЛЕМЕ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СЕТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РБ**

В настоящее время важной *проблемой* является определение рациональных режимов работы электроэнергетической системы (ЭЭС), т.е. определение наиболее целесообразных значений внутри- и межсистемных перетоков мощности и энергии в энергообъединении, которая подразумевает комплекс оптимальных условий существования режима при соблюдении ряда ограничений. В реализации транзитного потенциала Республика Беларусь исходит из положений и принципов Европейской Энергетической Хартии, целью которой является создание общего недискриминационного рынка электроэнергии на евразийском континенте посредством организации параллельной работы крупных энергетических объединений – UCTE, CENTREL, NORDEL и объединения энергосистем стран СНГ и ОЭС Балтии. Этому способствует участие Беларуси в разработке крупных международных проектов «Восток – Запад в условиях функционирования Балтийского кольца» при взаимодействии стран СНГ с ОЭС Европы».

Объединенная энергосистема (ОЭС) Республики Беларусь имеет межгосударственные перетоки электроэнергии (ЭЭ) по 38 линиям с энергосистемами пяти соседних стран (Латвия, Россия, Литва, Польша, Украина). Взаимодействие энергосистем с учетом высоковольтных межсистемных транзитов (МТ) определяет надежность электроснабжения соседних регионов и приобретает не только режимный, но и экономический смысл.

Энергетическое сотрудничество с ЭО РФ определяется при оперативно-диспетчерском взаимодействием Системного Оператора Единой энергетической системы РФ (СО ЕЭС) и Объединенного диспетчерского управления (ОДУ) Республики Беларусь.

Важным элементом такого управления является оптимизация текущего режима за отрезок времени, в течение усредненного часового (получасового) интервала, когда параметры сети можно считать условно постоянными. При таком допущении каждый интервал рассматривается независимо и при этом будет гарантированно выполняться осуществление баланса между производством и потреблением ЭЭ необходимого качества. Режим ЭО будет оптимальным, если выполнены ограничивающие условия по изменяющимся параметрам и достигнут минимум затратных средств.

Оптимизация баланса мощностей и выработки ЭЭ при взаимодействии со смежными энергосистемами, включая рынок зарубежных поставщиков, осуществляется по взаимной договоренности на условиях рыночных принципов. При расчете предельных межсистемных перетоков мощности учитываются:

– передача дополнительной резервной мощности от соседних частей объединения при аварийном выходе в данной зоне ЭО наиболее крупного агрегата или аварийном снижении генерирующей мощности от расчетно-необходимого аварийного резерва при изолированной работе;

– обеспечение выдачи всего избытка мощности электростанций (для каждой части ЭО).

Одной из основных задач, решаемых при оптимизации управления электропотреблением, является выравнивание совмещенных и индивидуальных графиков нагрузки энергоемких промышленных предприятий.

Для определения наиболее рациональных значений внутри- и межсистемных перетоков мощности и энергии разрабатывается программа оптимизации межсистемных перетоков мощности с многокритериальной целевой функцией, которая включает в себя минимум отклонения значений перетоков от запланированных значений, минимум суммарного расхода топлива, минимум потерь мощности и энергии, как в энергосистеме, так и в межсистемных линиях электропередачи.

Существующие межсистемные перетоки мощности используются при:

1. Покупке/продаже электроэнергии (ЭЭ) объединенной энергетической системой (ОЭС). ОЭС РБ при некоторых значениях пиковых нагрузок нуждается в дополнительном количестве электроэнергии, так как является дефицитной. А в часы минимального потребления осуществляет экспорт электроэнергии. Это возможно из-за разности часовых поясов.

2. Осуществлении межгосударственного транзита электроэнергии. При отсутствии межгосударственных соглашений между страной-получателем и страной-поставщиком поставляемая электроэнергия в промежуточном отрезке считается транзитной. Транзит ЭЭ через энергосистему РБ осуществляется в пределах электрического кольца БРЭЛЛ (Беларусь-Россия-Эстония-Латвия-Литва), а также с Украиной, которая не входит в это договорное объединение, по внутренней системообразующей сети напряжением 220-750 кВ и межгосударственным линиям электропередач (ЛЭП) напряжением 330-750 кВ.

УДК 665.114:616-006

Студ. А. С. Михновец, Е. А. Дубиковская, Д. В. Строк  
Науч. рук. зав. Кафедрой Д.С. Карпович; доц. Д. А. Гринюк  
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЛАНСИРНОГО РОБОТА

Объектом исследования являются балансирующий двухколесный робот. В настоящее время весьма актуальной проблемой является разработка не только робототехнических платформ повышенной проходимости [1], но и платформ с максимальной манёвренностью [2]. Данный параметр критичен для систем, работающих в ограниченном пространстве [3], например, на территориях складов, пересечённых участках местности небольшой ширины и т.п. Исправить данную проблему сможет платформа, обладающая компактными размерами. Среди наиболее оптимальных вариантов выделяется балансирующая двухколёсная конструкция. Моделированию именно такого робота будет посвящена представленная статья.

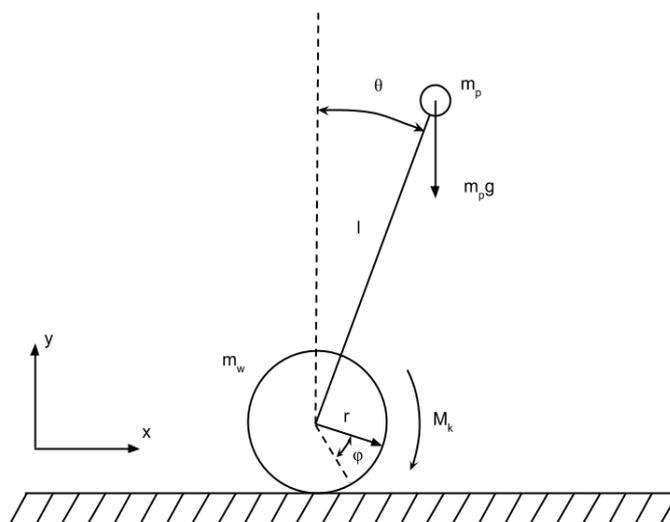


Рисунок 1 – Кинематическая схема балансирующего робота

С точки зрения механики данный робот представляет собой т.н. обратный маятник. По сути, это масса  $m_p$ , прикрепленная на конце невесомого стержня длины  $l$ . На другой конец стержня прикреплен двигатель, развивающий максимальный момент  $M_k$  и передающий его на колесо массой  $m_w$  и радиусом  $r$ .

Задача управления — стабилизировать маятник в вертикальном положении и возвращать в начальное положение колесо.

Уравнения движения, описывающие обратный маятник, представимы в следующем виде:

$$\begin{aligned} r \cos(\theta) l m_p \ddot{\theta} + r^2 (m_p + 2m_w) \ddot{\phi} - r \sin(\theta) \theta^2 l m_p &= M_k \\ \ddot{\phi} \cos(\theta) l m_p r - m_p g l \sin(\theta) + 2m_p l^2 \ddot{\theta} &= 0 \end{aligned}$$

На практике данное уравнение, которое является нелинейными, подвергают линеаризации, т.е. заменяют системой линейных дифференциальных уравнений. В нашем случае можно записать следующую систему из 4-х дифференциальных уравнений 1-го порядка:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = AX + BM_k = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-m_p g}{r(m_p + 4m_w)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{g(m_p + 2m_w)}{l(m_p + 4m_w)} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \dot{\phi} \\ \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{2}{r^2(m_p + 4m_w)} \\ 0 \\ \frac{1}{lr(m_p + 4m_w)} \end{bmatrix} M_k$$

Данную систему можно использовать для синтеза системы управления данным роботом, обеспечивающую вертикальное расположение балансирного робота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, А.В. Мини- и микроробототехника: Учеб. пособие [Текст] / А.В. Иванов, Е.И. Юревич. -СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. - 2011. -96 с.
2. Карелин, В. Бот Hallis II ходит на колесах и ездит на ногах [Электронный ресурс] / В. Карелин // Научно-популярный журнал «Мембрана». -Режим доступа: <http://www.membrana.ru/particle/3212> (Дата обращения 01.06.2019)
3. Кизоркин, А.С. Алгоритм управления транспортной системой робота на основании показаний внутренних датчиков приводов [Текст] / А.С. Кизоркин // Экстремальная робототехника: Сб. докл. Междунар.науч.-технич. конф. -СПб.: Политехника-сервис, 2011. -С. 207-210.

Студ. М. Д. Карпович, Д. И. Роленок  
 Науч. рук. доцент О. И. Александров, доц. Д. А. Гринюк  
 (кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕТОКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ В РАМКАХ ЕДИНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

Объектом исследования являются вопросы взаимодействия Белорусской электроэнергетической системы с Федеральным общим рынком электроэнергии и мощности единого экономического пространства таможенного союза.

Цель работы – наметить подходы к разработке концепции формирования общего электроэнергетического рынка государственных участников единого экономического пространства и сформулировать основные задачи построения этого рынка в рамках существующих двусторонних и многосторонних соглашений, а также определить ближайшие задачи по оптимизации взаимодействия участников энергорынка для энергообъединения Республики Беларусь.

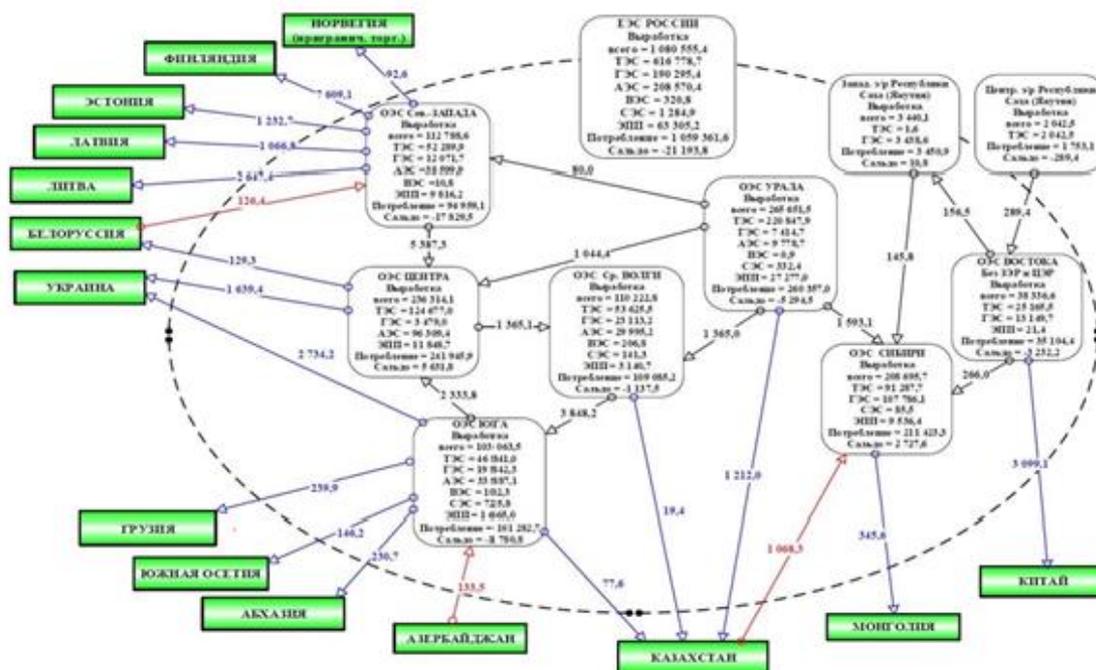


Рисунок 1 – Структура передачи электроэнергии в ЕНЭС

Целевая функция:

$$Z = \left\{ \sum_{t=1}^{24} a_{1t}Y_{1t}(p) + a_{2t}Y_{2t}(B) + a_{3t}Y_{3t}(\pi) + a_{4t}Y_{4t}(R) + a_{5t}Y_{5t}(H) + a_{6t}Y_{6t}(3p) + a_{7t}Y_{7t}(\Delta p) \right\} \rightarrow \min$$

При планировании режимов работы энергосистемы учет основных показателей качества электроэнергии и статических характеристик потребителей по напряжению и частоте позволяет выполнить распределение нагрузок между объектами энергосистемы наиболее рационально. Распределение нагрузки между энергоемкими промышленными предприятиями предлагается выполнять в соответствии с многокритериальной целевой функцией.

Важным является “мост” РБ-РФ-Казахстан. И представленное решение учитывает интересы этих трёх энергообъединений в соответствии с действующим энергорынком. Так же данное решение ориентированно и расположено к дальнейшему сотрудничеству всех вышесказанных государств.

В качестве примера была составлена программа оптимизации распределения активных нагрузок по межсистемным связям Республики Беларусь.

Результаты исследования:

Разработаны методологические принципы взаимодействия смежных энергосистем по межсистемным линиям электропередачи.

Учтены основные показатели качества электроэнергии и статические характеристики потребителей по напряжению и частоте.

Сформулированы основные компоненты для процесса оптимизации межсистемных перетоков мощности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Guidelines for solving cases of the international engineering championship // Moscow. – 2018. – P. 1–51.

Студ. И.А. Фокин

Науч. рук. доц. В.Н. Павлечко

(кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств, БГТУ)

## **СРАВНЕНИЕ ОПЫТНЫХ И РАСЧЕТНЫХ ДАВЛЕНИЙ РАДИАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ЦАГИ Ц 4-70**

Одними из наиболее важных характеристик радиальных вентиляторов являются производительность и создаваемое ими давление, которые приводятся в аэродинамических характеристиках каждого вентилятора. Они не являются общедоступными и допускают некоторые погрешности определения искомых величин, обусловленных графическим изображением аэродинамических характеристик.

При анализе воздействия лопастей колеса на среду получены зависимости для определения динамического и статического давлений, которые создаются при вращении лопастей и под воздействием центробежной силы [1]. Найденные формулы справедливы при постоянном угле наклона лопастей по радиусу колеса и отсутствии потерь энергии на входе, выходе и внутри вентилятора.

Влияние коэффициента сопротивления  $\xi$ , учитывающего расхождение опытных и расчетных величин четырех вентиляторов ЦАГИ, выполнено в работе [2]. Сравнение практических и теоретических давлений показывают, что расчетные формулы подлежат доработке с учетом конструктивных особенностей проточной части вентиляторов.

В настоящей работе приведены результаты сравнения теоретических и опытных давлений радиального вентилятора ЦАГИ Ц 4–70 [3] с учетом потерь давления на разгон среды перед нагнетателем. Максимальное отклонение расчетных и опытных величин давлений составило 12,46%, среднее – 0,21%, что указывает на приемлемую точность вычислений.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. В. Н. Павлечко, К вопросу о теоретическом давлении радиального нагнетателя / В. Н. Павлечко, С. К. Протасов // ИФЖ. 2014. Том 87, № 6. – С. 1448–1454.

2. С. А. Самбук. Сравнение теоретических и промышленных данных давлений радиальных вентиляторов / С. А. Самбук // 66-я науч.-техн. конф. учащихся, студентов и магистрантов: сб. науч. работ: в 4-х ч. – Минск, БГТУ, 2015. – Ч. 2. – С. 242–245 [Электронный ресурс].

3. М. П. Калинушкин. Вентиляторные установки / М. П. Калинушкин. – М.: Высшая школа, 1962. – С. 226.

Студ. Д.С. Волкович  
 Науч. рук.: проф. В.С. Вихренко  
 (кафедра механики и конструирования, БГТУ);  
 зав. кафедрой А. А. Гришкевич  
 (кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов, БГТУ)

## РАСЧЕТ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ ЗАГОТОВКИ, ВЫБРАСЫВАЕМОЙ ПРИ ЗАХВАТЕ ДИСКОВОЙ ПИЛОЙ

Рассмотрим в качестве примера станок ЦДК 5-3А, мощность двигателя 30 кВт, частота вращения ротора двигателя  $n = 2950$  об/мин, что соответствует угловой скорости вращения

$$\omega_0 = \pi n / 30 = 308,9 \text{ рад/с.}$$

Рассчитаем моменты инерции составляющих звеньев механизма, приводящего во вращение пильный диск, и найдем приведенный момент инерции системы:

$$I = I_{\text{рот}} + I_{\text{м}} + I_{\text{в}} + I_{\text{д}},$$

где  $I_{\text{рот}}$  – момент инерции ротора;  $I_{\text{м}}$  – момент инерции муфты;  $I_{\text{в}}$  – момент инерции пильного вала;  $I_{\text{д}}$  – момент инерции пильного диска,  $I = 0,5778 \text{ кгм}^2$ .

Максимально возможная масса заготовки при выпиловке бруса максимальным размером 120x260x5000 из дуба составляет  $m = 10,7 \text{ кг}$ . Приведенный момент инерции заготовки

$$\Delta I = mR^2,$$

где  $R$  – радиус пилы.

Приравняв кинетические моменты системы до и после захвата заготовки

$$I\omega_0 = (I + \Delta I)\omega,$$

находим угловую скорость пилы в момент выбрасывания заготовки:

$$\omega = \frac{I\omega_0}{I + \Delta I}.$$

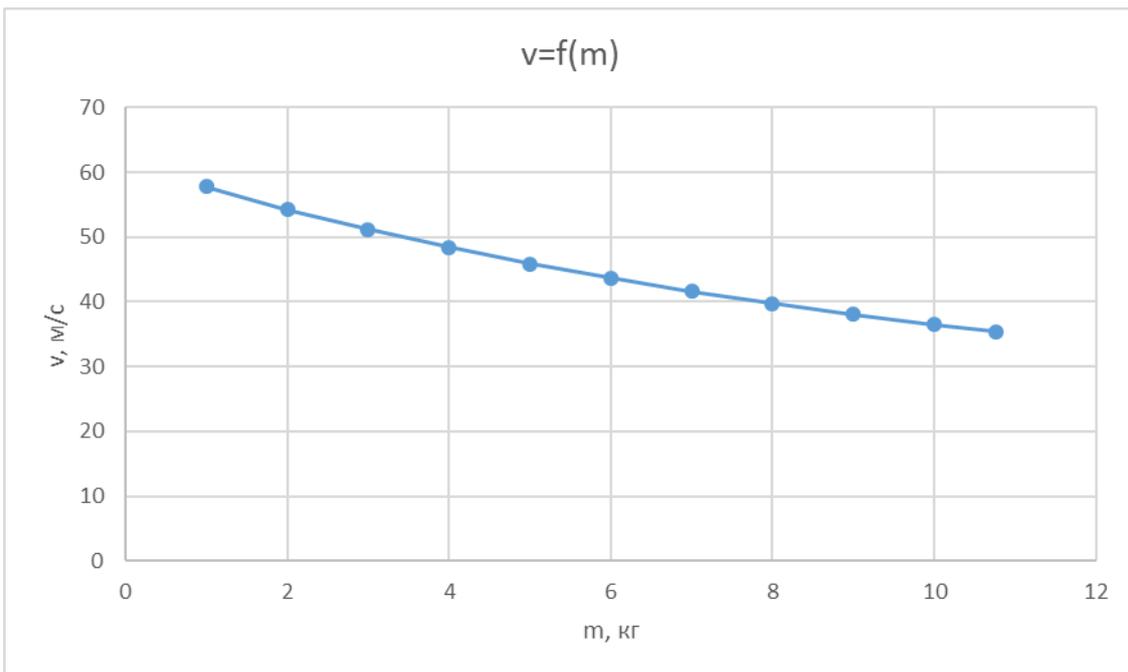
Умножая полученную угловую скорость пилы в момент выброса заготовки на радиус пильного диска, получаем линейную скорость выброса заготовки как функцию ее массы.

$$v = \omega R,$$

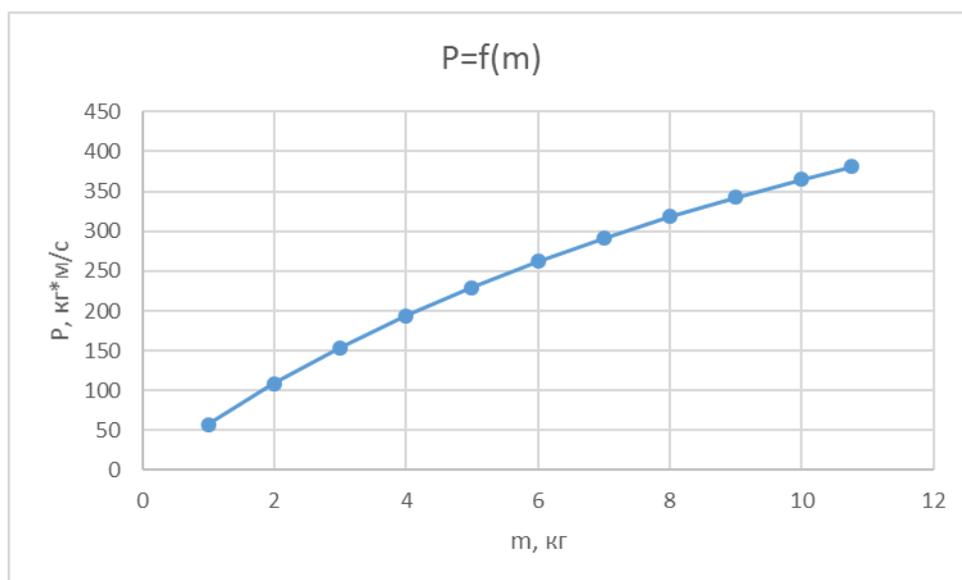
а также ее импульс

$$P = mv.$$

Исходя из полученных соотношений, построим графики зависимости скорости и импульса заготовки от ее массы.



**Рисунок 1 - Зависимость скорости заготовки от ее массы**



**Рисунок 2 - Зависимость импульса выбрасываемой заготовки от ее массы**

Как следует из построенных рисунков, скорость заготовки в момент выброса уменьшается с ее массой, и для максимально возможной массы составляет примерно 0,6 скорости движения зубьев пилы. Импульс же выбрасываемой заготовки существенно увеличивается при увеличении ее массы. Именно импульс является важнейшей характеристикой, поскольку когтевая защита должна его погасить.

## **ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ И ДИЗАЙНЕРСКИХ РЕШЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЪЕКТОВ ПОВСЕДНЕВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ**

Современной стратегией в разработках объектов повседневного пользования является проектирование на базе личностных потребностей человека. Обеспечение корректного решения поставленной задачи возможно только при условии тесного контакта заказчика со специалистом, способным отвечать всем квалификационным требованиям. В связи с ограниченностью подобной практики работы узкопрофильных специалистов и высокой стоимостью оплаты работы специалистов широкого профиля в классических методах производства, обоснованной является ротация классического производства на современный метод аддитивного производства посредством лазерной стереолитографии. Однако решающими параметрами целесообразности подобной практики перехода являются оценка технико-экономической эффективности подобной разработки и ее конкурентоспособности. В настоящем исследовании проведен детальный анализ этих параметров на основе проектирования наручных часов с индивидуальным дизайном для производства посредством лазерной стереолитографии.

Аналитическое исследование потребительских предпочтений позволило обосновать выбор базовой конструкции изделия, таким образом заменяя индивидуальную работу с предполагаемым заказчиком. Работа промышленного дизайнера в специальном конструкторском ПО и проверочные расчёты конструкции на этапах разработки позволяет скорректировать форму и модель изделия до непосредственного процесса производства.

В качестве примера произведенный проектировочный расчет позволил выделить ряд недостатков в спроектированной предварительно модели, а также определить оптимальные размеры отдельных элементов изделия.

Аддитивная технология лазерной стереолитографии позволила дополнительно упростить процесс производства изделия, так как она не требует дополнительных знаний специалиста о анизотропных свойствах материалов.

Студ. А.В. Кублицкая, А.А. Кулешо  
Науч. рук.: доц. Е.И. Кордикова; ассист. Г.Н. Дьякова  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИЭФИРНЫХ ПРЕПРЕГОВ (SMC)**

SMC-материалы используются в первую очередь при производстве низкопрофильных изделий с высокими требованиями к механической прочности и воздействию агрессивных сред. Существенными преимуществами изделий из SMC по сравнению со сталью является высокая коррозионная стойкость и низкий удельный вес.

Ориентируясь на известные литературные данные воспроизвели классическую рецептуру препрега SMC из имеющихся компонентов: полиэфирная смола (полимерная основа) – 25-40%, минеральный (дисперсный) наполнитель 30-40%, стекловолокно (армирующий наполнитель) – 20-30%, добавки различного назначения 5-7%.

Жизнеспособность SMC определяется улетучиванием из него стирола, а также протекающими в материале реакциями: нарастанием вязкости под действием оксида щелочноземельного металла и латентным отверждением полиэфира под действием перекисей, входящих в состав пресс-материала.

Продолжительность отверждения стандартных SMC на основе полиэфиров составляет 45–60 с на каждые 2,5 мм толщины при 138–149 °С. Состав композиций, предназначенных для применения в ближайшее время (в пределах 2–3 сут.), подбирается так, чтобы быстрое и эффективное отверждение проводилось при температурах не выше 107°С.

Армированные композиции должны в максимальной степени сохранять гомогенность при заполнении формы и затекании в ее самые труднодоступные участки.

Для химически загущенных композиций требуются достаточно высокие давления (3,45–10 МПа). Чем выше вязкость загущенных композиций, тем лучше качество изделий, но, как правило, тем большее давление формования необходимо.

При формовании методом прессования возможно возникновение брака, причины которого и пути его устранения достаточно хорошо описаны в практической литературе.

В результате обработки метода прессования с учетом влияющих факторов были получены качественные отпрессовки материала.

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕДАЛИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ FDM-ТЕХНОЛОГИИ**

В настоящее время аддитивные технологии являются одними из главных мировых трендов, который меняет всю экономику производства. Предполагается, что объем мирового рынка 3D-принтеров увеличится с 1,8 миллиарда долларов в 2016 году до 6,4 миллиардов долларов в 2020 году.

На данный момент наиболее распространенным методом 3D-печати является FDM–технология (Fuseddepositionmodeling). Процесс печати, которой основан на моделировании методом послойного наплавления. Пластиковая нить плавится, а затем наносится тонкими слоями, создавая модель. Профессиональные 3D-принтеры оснащены двумя экструдерами (возможность использования различные материалы во время печати одного и того же объекта). Использование различных материалов (например, углеволокно и полиамид) дает возможность добиться требуемых характеристик материала (в одно время легкие и прочные). В процессе подготовки модели к печати волокном возникает ряд проблем, которые связанные с геометрией объекта.

Для разработки конструкции педали управления автомобиля, требуется провести теоретический расчет так как, данная деталь является ответственной и играет важную роль в управлении автомобиля. Расчеты проводятся уже с известными характеристикам материалов полученные при опытных испытаниях. Геометрия разрабатывается под 3D-принтер так, чтобы принтер смог напечатать требуемую геометрию с минимальными обрывами волокна и минимизировать прямые углы (для предотвращения перелома волокна).

При слайсинге (нарезке модели и ее подготовке к печати), в зависимости от разрешающей способности принтера и качества сохраняемой геометрии, могут теряться многие мелкие конструктивные элементы, что должно быть учтено при проектировании конструкции.

Так как с каждым годом технологии 3D-печати совершенствуются и становятся все проще в использовании, функциональнее, постепенно увеличивается список материалов для печати, то они вполне могут заменить традиционные технологии.

Студ. П.И. Кашкан  
Науч. рук. ассист. Г.Н. Дьякова  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕМИКСА НА ОСНОВЕ УГЛЕВОЛОКНА**

Объем современного европейского рынка полиэфирных премиксов достаточно велик и используется в производстве транспортных средств, изделий для электротехнической и электронной промышленности, в основном при производстве мало- и среднегабаритных изделий сложной конфигурации.

Угленаполненные премиксы представляют собой терморезистивное композитное соединение на основе винилэфирных смол, наполнителей и армирующих волокон, отличаются высокой прочностью и жесткостью при небольшой плотности, а так же отличной формуемостью.

Базовый состав премикса следующий: винилэфирное связующее – 45% масс, рубленые углеродные волокна – 20% масс, минеральный дисперсный наполнитель – 30% масс, добавки – 5% масс.

Приготовление премикса осуществляется последовательной подачей и совместным смешением компонентов с применением лопастного смесителя. Армирующий наполнитель, для сохранения его длины, вводится в густую композицию последним. Скорость и продолжительность процесса определяются качеством смешения и минимальной степенью измельчения армирующего наполнителя. Готовый материал упаковывается в барьерный материал и оставляется на «созревание» – 5–7 суток.

Значения температурно-временных параметров изготовления образцов для исследований физико-механических свойств выбирается исходя из результатов определения времени гелеобразования основной отверждающейся системы. Прессование образцов проводится в обогреваемой пресс-форме с возможностью контроля и регулирования температуры. Все поверхности формы смазываются дополнительно тефлоновой смазкой, которая пригодна для работы при высоких температурах. Усилие прессования для загущенных композиций составляет 3–8 МПа, в зависимости от содержания минерального и армирующего наполнителей.

Для исследуемых составов получены значения основных прочностных показателей и упругих постоянных, что позволяет сравнивать результаты с известными от мировых производителей. Имеющиеся результаты позволяют сделать заключение о принципиальной возможности использования разработанных композиций для изготовления изделий технического назначения.

Студ. А.В. Егорова, И.А. Цапик  
Науч. рук. доц. Е. И. Кордикова  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЕМОСТИ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И ОТХОДОВ ДУБЛЕННЫХ КОЖ**

Композиции на основе вторичных термопластичных полимеров и измельченных отходов дубленых кож представляют собой однородные смеси, высоковязкие при температуре переработки. Такие материалы эффективнее всего перерабатывать методом прессования предварительно пластицированной заготовки.

Большинство изделий из полимерных материалов имеют ряд конструктивных элементов – стенки, ребра жесткости, бобышки, отверстия и т.д. Наличие данных элементов существенно усложняют процесс формования. Для проектирования деталей сложной конфигурации и содержащих указанные конструктивные элементы необходимо иметь знания о поведении расплава наполненного полимера при воздействии на него прикладываемого давления. При формовании конструктивных элементов определяющими являются процессы вязкого течения композиции в неизотермических условиях, в процессе течения происходит снижение температуры (композиция охлаждается).

Критерием оценки поведения материалов является формуемость – параметр, характеризующий затекание расплава в щель заданного размера при определенных технологических параметрах.

Формуемость композиций на основе вторичного полипропилена и измельченных отходов дубленых кож различного состава оценивали по глубине затекания расплава в капилляр с заданной геометрией. Использовали установку в виде обогреваемой прессформы с вкладышем. Экспериментально определяли зависимость глубины затекания высоковязкого расплава от технологических параметров процесса формообразования изделия. Температуру заготовки варьировали в диапазоне переработки вторичного полипропилена – 200–230°C, температуру формы – 20–80°C, усилие формования – 2–20 кН.

Полученные результаты и зависимости позволили описать поведение материала в процессе формообразования изделия и определить оптимальные параметры переработки по критерию наибольшей глубины затекания расплава в капилляр.

На основании экспериментальных данных и последующих технологических расчетов даны основные рекомендации к конструкции изделий.

Студ. А.С. Музыка, Н.А. Мясников  
Науч. рук. доц. Е. И. Кордикова  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОСФЕР НА СВОЙСТВА СТЕКЛОНАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Использование полимерных композиционных материалов, в частности, стеклонеполненных термопластичных полимеров в настоящее время все больше расширяется. Такой бурный рост объясняется преимуществами полимерных композитов перед традиционными металлами и сплавами не только по удельным характеристикам, но и по возможностям управления свойствами путем простого изменения состава и условий получения.

Одно из направлений – введение добавок различного назначения для направленной модификации свойств исходных материалов. Модификация проводится для изменения свойств полимерных композиций с целью придания им ценных технических качеств (эластичность, прочность, морозо- и жаростойкость, негорючесть), новых потребительских свойств и улучшения условий переработки.

В работе исследована возможность модификации свойств стеклонеполненных композиций введением в состав мастербатча содержащего полые микросферы. Образцы для исследований получали методом механической вырезки из пластин, полученных методом прессования предварительно пластицированной заготовки.

В результате исследования получены физико-механические характеристики стеклонеполненных композиционных материалов на основе полиамида и полипропилена.

Проведенные исследования показывают изменение физико-механических свойств композиций при введении мастербатча на основе полых микросфер. Наилучшие характеристики по всем показателям наблюдаются у материалов с 1% масс. добавки (как для ПА, так и для ПП). Для ПП влияние мастербатча выражается наиболее ярко. При введении 2% масс. мастербатча у всех композиций наблюдается снижение показателей прочности и упругих характеристик.

Мастербатчи на основе полых микросфер не влияют на плотность получаемых материалов.

Показано, что для модификации свойств композиционных материалов можно рекомендовать использование 1 масс % мастербатча, содержащего полимерные полые микросферы, для увеличения сопротивления ударным нагрузкам и повышения прочностных показателей материала.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНОМУ СОСТОЯНИЮ

Расчет по предельному состоянию может производиться лишь для конструкций, изготовленных из пластичных материалов, и при действии статических нагрузок. В этом случае используют упрощенную диаграмму деформирования (диаграмму Прандтля). Считают, что материал следует закону Гука до предела текучести, а достигнув его, неограниченно деформируется при постоянном напряжении. Такой материал называется идеальным упруго пластичным.

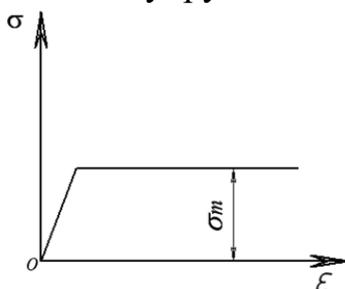


Рисунок – Диаграмма Прандтля

Из диаграммы Прандтля следует, что при наступлении текучести в каком-либо элементе конструкции по мере дальнейшего возрастания нагрузки напряжения в нем будут постоянными. Данная особенность деформирования важна при расчете статически неопределимых конструкций при растяжении, т. к. напряжения в несущих стержнях таких систем чаще всего не достигают предела текучести одновременно при увеличении нагрузки. Исчерпание несущей способности одного элемента не повлечет за собой потерю несущей способности конструкции в целом. После того, как в наиболее напряженном стержне возникают пластические деформации, происходит перераспределение усилий между остальными стержнями, которые будут продолжать работать в упругой стадии при возрастании нагрузки. Предельное же состояние конструкции будет характеризоваться началом интенсивного развития деформаций системы без увеличения нагрузки.

Учет особенностей пластического деформирования стержней при расчете статически неопределимых конструкций позволяет реализовать скрытый запас прочности, и тем самым повысить их грузоподъемность по сравнению с расчетом по допускаемым напряжениям.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАЧТЫ КАНАТНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ УСТАНОВКИ

Определение параметров конструктивных элементов канатных трелевочных установок важно с точки зрения обеспечения безопасной работы персонала с одной стороны, и экономического аспекта с другой [1, 2, 3].

Современные канатные трелевочные установки для первичного транспорта древесины в подавляющем большинстве случаев представлены мобильными версиями на автомобильной и тракторной базе. В такой компоновке в качестве мачты используется металлическая конструкция, установленная на трехточечной навеске трактора или платформе автомобиля. Металлическая мачта соединяется с корпусом лебедки посредством болтового или сварного соединения, которое можно представить жесткой заделкой с 6 связями (3 реакции связей  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  и 3 момента пары сил  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ). Однако, специфика нагружения искусственной мачты канатной трелевочной установки состоит в том, что её смещение под действием нагрузки происходит только в направлении выполнения трелевки (условно плоскость  $zy$ ). В таком случае, момент  $M_z$  будет равен нулю ввиду отсутствия сил, создающих этот момент. Момент  $M_y$  и усилие  $R_x$  также будут равны нулю ввиду того, что в плоскости  $xz$  мачта не смещается, находясь в равновешенном состоянии под действием двум растяжек, направленных в противоположные стороны.

В конечном итоге получается 4 уравнения равновесия:  $\sum F_y=0$ ,  $\sum F_z=0$ ,  $\sum M_x=0$  и уравнение совместности деформаций по усилиям в канатах растяжек. Из данной системы уравнений могут быть получены, в первую очередь, значение момента пары сил в заделке мачты для определения её параметров и выбора сечения (проектировочный расчет); по выбранному сечению и его параметрам выполняется проверочный расчет на совместное действие изгиба и сжатия (по моменту в заделке и вертикальной реакции  $R_z$ ).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Přemysl Horek. Lesní lanovky. 2007, Praha – Czech Republic. 104s.
2. Белая Н.М., Канатные лесотранспортные установки / Н.М. Белая, А.Г. Прохоренко – Лесная промышленность. 1964. – 299 с.
3. Cable logging systems. Rome, 1981 FAO forestry paper 106 p.

Студ. В.А. Гордиевич  
Науч. рук. доц. А.Г. Любимов  
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ);  
доц. А.Л. Наркевич  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР АУКСЕТИКОВ ПРИ СЖАТИИ

К ауксетикам относятся материалы, у которых коэффициент Пуассона имеет отрицательные значения. Такие материалы могут иметь как природное, так и искусственное происхождение, в частности - это могут быть материалы с регулярной ячеистой макроструктурой на основе полимерных материалов [1, 2], которые могут быть эффективно применены там, где требуется, например, особые характеристики энергопоглощения при ударном воздействии [3]. Поэтому исследование ауксетиков в последние годы активизируется, чему также способствуют успехи в развитии аддитивных технологий, позволяющих создавать практически любые макроструктурированные материалы.

До изучения поведения ауксетиков при динамическом режиме нагружения, например, с деформациями сжатия, целесообразно провести исследования таких материалов (структур) при статическом нагружении.

Для изготовления и исследования использовали структуры моделей, приведенные в [1, 2 и 4], в виде призматических ( $24 \times 24 \times 24$  мм) и трубчатых образцов (высота - 85 мм, диаметр - 90 мм, толщина стенки - 2 мм), изображенных на рисунке 1; также проводили испытания призматического образца из сплошного материала. Изготавливали образцы из акрилонитрилстиролакрилатного пластика (ASA) на принтере Fortus 450 mc.

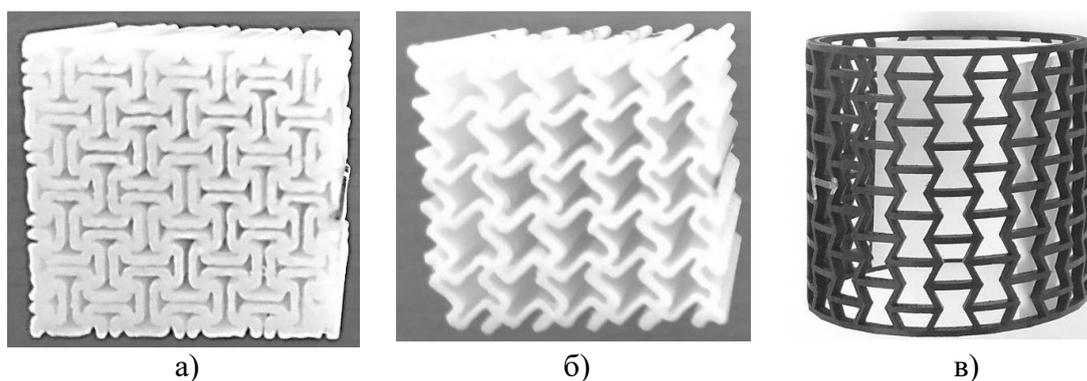


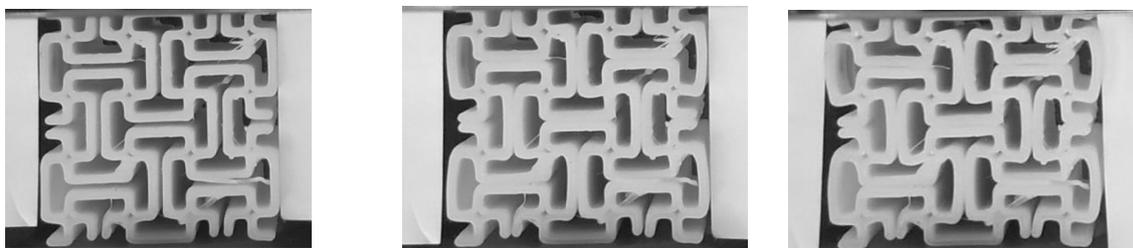
Рисунок 1 - Образцы

Для создания сжимающего усилия использовали универсальную испытательную машину MTS Criterion C43.504. Нагружение проводили ступенчато; фиксировали усилие и продольную деформацию, используя программное обеспечение испытательной машины, а поперечную деформацию – применяя измеритель линейных перемещений

с цифровой индикацией значений.

Строили зависимость поперечной деформации от продольной на линейном участке деформирования образцов. Для призматических образцов определяли отношение поперечной деформации к продольной (коэффициент Пуассона), для трубчатых образцов - отношение относительного изменения наружного диаметра к относительному изменению высоты.

Получили следующие значения указанных отношений для структур и образцов из ASA согласно рисунку 1: для структуры *a*) - минус 0,29; для структуры *б*) - минус 0,25; для образца *в*) - минус 1,22; для сплошного материала - 0,13. Результаты исследований показали, что для призматических образцов выбранных структур коэффициенты Пуассона имеют близкие значения. Также наблюдали проявление эффекта отрицательного коэффициента Пуассона визуально (рисунок 2).



**Рисунок 2 - Изменения размеров образца при нагружении**

Итак, были отработаны методика получения образцов с применением аддитивных технологий из полимерного материала и методика определения характеристик при сжатии для ауксетиков; получены значения коэффициентов Пуассона для различных структур. Работы по исследованию ауксетиков целесообразно продолжить в направлении изучения их поведения при ударном воздействии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Deformation behaviors and energy absorption of auxetic lattice cylindrical structures under axial crushing load / Yongguang Guo et al. // *Aerospace Science and Technology*. - 2020. - Vol. 98 - March.
2. Shengguang, Jin Shear resistance of an auxetic chiral mechanical metamaterial / ShengguangJina, Yannis P. Korkolis, Yaning Li // *International Journal of Solids and Structures*. - 2019. - No 174–175. - P. 28–37.
3. Design of energy dissipating structure with functionally graded auxetic cellular material / W. Hou et al. // *Int. J. Crashworthiness*. - 2018. - No 23. - P. 366–376.
4. Liu, Y A review on auxetic structures and polymeric materials / Yanping Liu, Hong Hu // *Scientific research and essays*. - 2010. - Vol. 5, No. 10, - P. 1052-1063.

Студ. И.С Лазарчук, В.И. Сологуб  
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПУЛТРУЗИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

В связи с растущей конкуренцией на рынке полимерных материалов остро встает вопрос о повышении удельных физико-механических характеристик материалов (относительно к их плотности и стоимости). Это может быть решено путем армирования полимеров стеклянными, углеродными или арамидными волокнами, идя по пути импортозамещения и (или) выпуска таких материалов непосредственно на перерабатывающих предприятиях.

Цель работы - актуализировать пултрузионную технологию получения полуфабрикатов на основе термопластичных полимеров и армирующих волокон [1] в связи с возрастающей потребностью в соответствующих сырьевых материалах и развитием новых технологий. В качестве полуфабрикатов выступают гранулированный длиноволокнистый литьевой материал и однонаправленно армированный пруток (филамент, стренга) для применения в аддитивных технологиях.

В пултрузионной технологии с применением термопластичных полимеров основным этапом, определяющим область ее применения, производительность, качество получаемого полуфабриката и т.п., является этап совмещения полимера с волокнами. Патентный поиск не выявил новых решений по реализации этапа совмещения компонентов; тем не менее, производство таких материалов совершенствуется, а сами решения, следовательно, являются секретом производства. Так как наибольший интерес представляют полуфабрикаты на основе конструкционных термопластичных полимеров крупнотоннажного производства, то наиболее эффективным способом совмещения остается пропитка волокнистой системы расплавом полимера [1]. Были отработаны режимы пултрузионной технологии, исследован процесс пропитки. После пропиточного устройства получали стренгу на основе термопластичного материала однонаправленно армированную волокном. Для получения гранулированного материала стренгу разрезали на гранулы заданной длины, а для аддитивных технологий стренгу (пруток) наматывали на бобину.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

УДК 678.02:678.033:678.06

Студ. Е.А Тишевич, Д.В. Тетерукова, А.О. Петрашкевич  
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич, зав. кафедрой О.И. Карпович  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА**

В настоящее время только около 25% полимерных коммунальных отходов находят применение в качестве вторичного материального ресурса, остальная часть – захоранивается на полигонах по следующим основным причинам: плохо идентифицируются, в том числе из-за малых размеров; имеют некоммерческие (низкие) объемы образования; многослойные пленки; имеется наполнение; термореактивные полимеры; загрязнения, в том числе - бумажные этикетки и др.

Цель работы – разработка конструкции изделий и технологического оснащения (пресс-форм), а также расчет технологических режимов и подбор основного технологического оборудования для организации производства по переработке смешанных полимерных коммунальных отходов (СПКО) на мусоросортировочных или т.п. предприятиях.

Высокая вязкость композиций из СПКО, загрязнения, несовместимость отдельных полимеров, переменный и практически неизвестный состав обуславливают применение для переработки СПКО в изделия метод прессования предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование), который интенсивно в последние годы исследуется в БГТУ для переработки полимерных отходов, в том числе смешанных и наполненных; по результатам этих исследований выявлен возможный диапазоны механических и технологических характеристик этих отходов, режимов переработки, а также выработаны рекомендации по конструкции изделий.

Из СПКО не рекомендуется изготавливать ответственные и видовые изделия, но могут быть изготовлены, например, различная тара и элементы обустройства территорий, поэтому для проработки выбраны – ящик для инструментов, тротуарная плитка и покрытие экопарковки.

Учитывая разброс значений характеристик СПКО, рассчитаны изделия и спроектированы пресс-формы, а также назначены режимы переработки и подобрано основное технологическое оборудование.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки целесообразности организации выпуска изделий в настоящих экономических и правовых условиях.

Студ. Д.Д. Мирошниченко  
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Смешанные полимерные коммунальные отходы (СПКО) в данной работе представляют собой захораниваемый в настоящее время некондиционный остаток (до 75%) от собранных полимерных отходов после извлечения из них коммерчески привлекательных фракций. Известно, что СПКО, включающие также в свой состав органические и неорганические загрязнения, имеют более низкие механические характеристики и устойчивость к климатическим факторам по сравнению со входящими в смесь первичными полимерами, термическое воздействие при переработке также негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках получаемого материала.

Цель работы – определить перечень необходимых функциональных добавок и получить образцы для исследования их влияния на свойства СПКО.

Ввиду высокой стоимости добавок их назначение и доли должны быть обоснованы для каждого случая применения. С учетом современных решений в области добавок для полимеров определили следующий перечень добавок: антиоксидант (термостабилизатор) – предотвращение деструкции при переработке и использовании в изделии; свето- (фото-, УФ-)стабилизатор – защита полимера от воздействия ультрафиолетового излучения; процессинговая (реологическая, технологическая) добавка, в частности – лубрикант, – улучшение протекания процессов пластикации и формования; морозостойкая добавка – сохранение эксплуатационных свойств при отрицательных температурах; компатибилизатор (агент совмещения) – улучшение совместимости несмешиваемых полимеров; суперконцентрат красителя – повышение качества внешнего вида.

При выборе марки функциональных добавок ориентировались на тот факт, что практически половина выпускаемых полимеров, а, следовательно, переходящих в отходы, – это полиэтилены и полипропилен, а какая-то часть полимеров в СПКО будет выступать в качестве наполнителя. Контрольные образцы из СПКО и образцы с комплексом добавок получали методом прессования предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование), который предполагается в дальнейшем для производства изделий из СПКО.

Студ. О.В. Жигар  
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ ПОЛИМЕРНОГО КОРДА ОТ РАЗДЕЛКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК**

Для обеспечения требуемых механических характеристик в нагруженных изделиях, широко применяют армирование, например, покрышка автомобильной шины, упрочненная кордом из полимерных волокон. По окончании периода эксплуатации покрышки автомобильных шин подвергают разделке на основные составляющие – металлические части, резиновая крошка и разволокненные армирующие нити на основе полиамидных, хлопковых или вискозных волокон [1] – отходы полимерного корда (ОПК). Затем их подвергают, например, химическому пиролизу или используют как набивочный и тепло- и звукоизоляционный материал. Расширением сферы применения ОПК может быть использование его в качестве наполнителя в полимерных материалах.

Цель работы – получить образцы и оценить композиции на основе смешанных полимерных отходов (СПО) и ОПК.

При назначении режимов переработки учитывали следующее: рекомендуемые режимы переработки для основных полимеров в составе СПО (в предложенной смеси – это полиэтилены и полипропилен) и наличие остатков резиновой крошки в ОПК. Пластикация композиции на основе СПО и ОПК в червячном экструдере показала ее повышенную вязкость и неоднородность, поэтому для переработки композиции в образцы-плиты и изделия был выбран метод прессования предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование) [2]. Для стабилизации свойств композиции и для улучшения ее технологичности вводили функциональные добавки.

Ввиду невысоких эстетических характеристик поверхности полученных образцов и высокой износостойкости материала ОПК можно рекомендовать получение на их основе изделий для обустройства территорий – плитка, бордюр, покрытие экопарковки и т. п.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Иевлева, В.В. Анализ технического текстиля, применяемого для автомобильных шин / В.В. Иевлева, В.В. Хамматова // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – том 20, № 16. – С. 64-68.
2. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

## **КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ**

Производство изделий на основе полимерных материалов (пластмасс) организовано в Республике Беларусь на сотнях крупных и мелких предприятиях различной формы собственности. Обычно производство на таких предприятиях ориентировано на переработку достаточно ограниченного перечня пластмасс. В результате переработки пластмасс в изделия могут образовываться отходы из определенного полимера (результат отработки технологического процесса или брак), а также отходы из смеси полимеров (образуются при переходе с одного материала на другой при литье, экструзии, дроблении и т.п.). Часто такие отходы, особенно – второй тип, являются малопривлекательным для производства видовых и (или) высоконагруженных изделий. Компонентный состав смешанных отходов может быть известен, а содержание компонентов – переменное. Также для них характерно повышение вязкости композиции и снижение механических характеристик. Однако свойства таких смесей не являются ничтожными и требуют оценки для выявления наиболее эффективных областей применения смесей, например, для производства изделий. Для переработки смешанных полимерных отходов целесообразно применять, например, метод прессования предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование) [1], а также при переработке вводить в их состав функциональные добавки и наполнитель. В связи с возрастающими требованиями по вовлечению отходов в гражданский оборот в качестве вторичного материального ресурса, растет спрос на исследования ранее захораниваемых отходов пластмасс.

Цель работы – отработать и зафиксировать алгоритм исследования композиций на основе смешанных полимерных отходов производства, которые потенциально могут быть переработаны методом пласт-формования.

В работе обобщен опыт исследования полимерных отходов, образующихся: при производстве изделий; при разделке товаров народного потребления с целью извлечения полезной фракции; при сортировке бытовых отходов. Выполняемые виды работ (рисунок 1) разделили на три категории, отличающиеся, как минимум, требованиями к квалификации исполнителей и материальному обеспечению для выполнения работ.

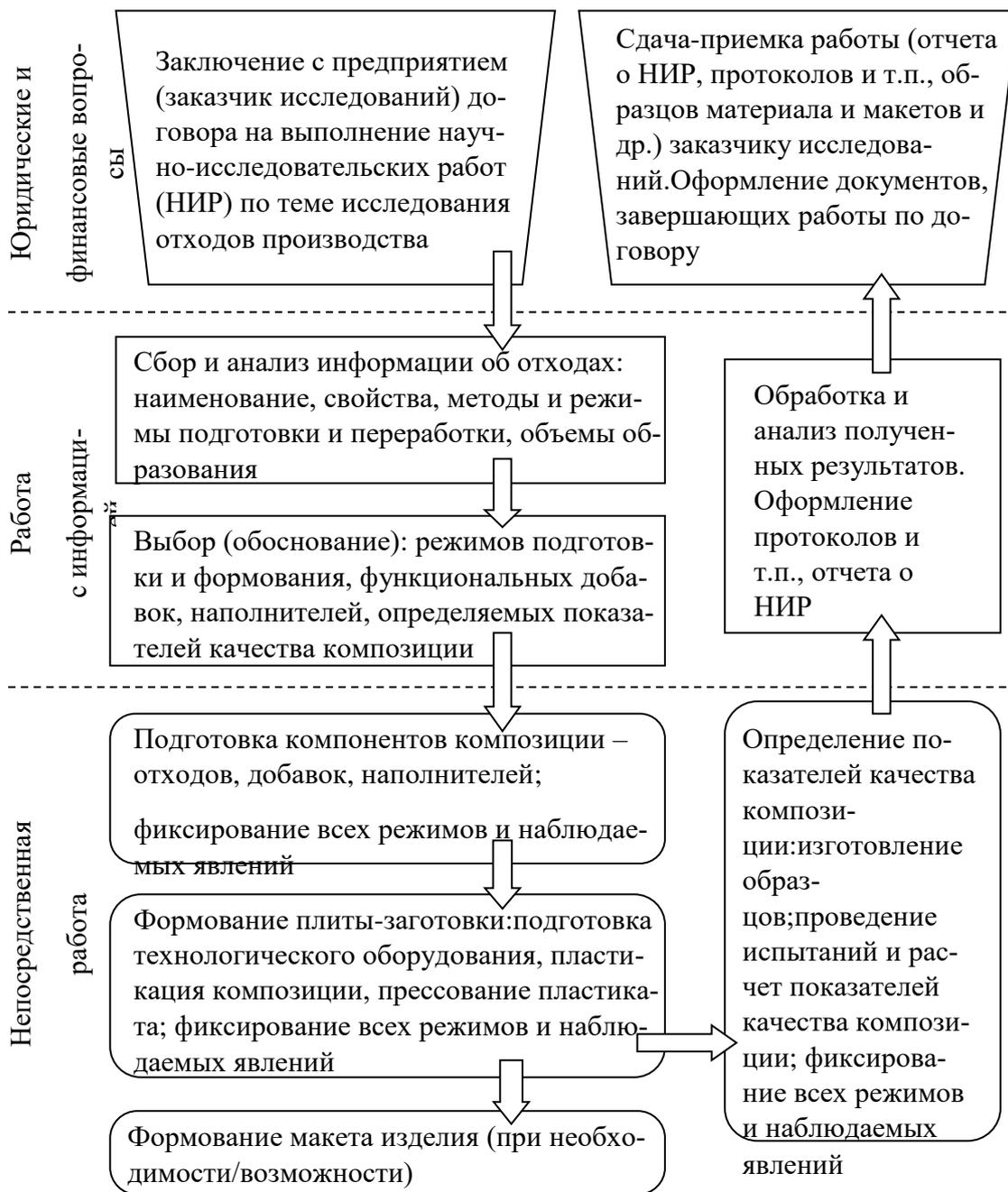


Рисунок 1 – Содержание работ по исследованию отходов производства

Отработанный алгоритм будет полезен для оперативной постановки задач исследования и организации их выполнения при эффективном использовании потенциала квалифицированных исполнителей и лабораторного оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

Магистрант Р.А. Шинкевич  
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЛИУРЕТАНОВ**

Полиуретан (ПУ) обладает уникальным сочетанием физико-механических характеристик, высокой химической стойкостью и стойкостью к истиранию, поэтому изделия из него применяются очень широко: комплектующие оборудования для добычи и переработки сырья, детали узлов транспортных средств различного типа и товаров народного потребления.

Цель работы – произвести обзор номенклатуры добавок, модифицирующих свойства ПУ, а также выработать рекомендации для активизации внедрения этих композиций в производстве изделий на основе ПУ.

Обзор показал, что добавки вводят как для удешевления ПУ, так и с целью придания специфических свойств. В качестве добавок в основном используются дисперсные наполнители: технический углерод, графит, тальк, аэросилы, двуокись титана, различные отходы горнодобывающей и перерабатывающей отрасли, резиновая крошка. Последний вид наполнителя вводят, например, для удешевления получаемых изделий на основе ПУ и с целью эффективной замены резины на композицию с ПУ, в которой удачно сочетаются характеристики обоих компонентов. Так же применяют ориентированное армирование ПУ полиэфирными, полиамидными, арамидными, стеклянными и другими волокнами с целью значительного повышения прочностных и упругих характеристик ПУ в определенных направлениях.

Для внедрения композиций ПУ с добавками в производство изделий и последующего оперативного реагирования на потребности заказчика необходимо отрабатывать технологии введения добавок, варьировать составы композиции для определения оптимальных по технико-экономическим критериям. При этом максимально эффективно использовать как производственную базу предприятия-изготовителя изделий из ПУ, так и исследовательскую научных учреждений, например, в БГТУ.

Непростая экономическая ситуация в мире в настоящее время диктует необходимость учитывать и коммерческую доступность функциональных добавок, поэтому в исследованиях следует ориентироваться на местную сырьевую базу функциональных добавок для модифицирования свойств ПУ.

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ ДСП**

На полигонах твердых бытовых отходов в Республике Беларусь вывозится огромное количество отходов производства древесностружечных плит (ДСП). Кроме того, там же оказываются ДСП от вышедшей из эксплуатации мебели. Данный отход можно использовать в качестве наполнителя для изготовления композиционных материалов. В качестве связующего можно использовать смешанные полимерные отходы, которые также в огромных количествах (более 200 тыс. т в год) вывозятся на полигоны твердых бытовых отходов. Для определения области применения материалов на основе таких отходов необходимы сведения о их физико-механических характеристиках, которые в литературе на данный момент отсутствуют. Целью исследования было определение физико-механических свойств композиционных материалов на основе смешанных полимерных отходов и отходов ДСП.

Исследовали физико-механические характеристики материалов на основе смешанных полимерных отходов, образующихся в «хвосте» мусоросортировочной линии ПКУП «Спецкоммунавототранс» и ДСП. ДСП предварительно измельчали до размеров не более 8–10 мм на фрезерной дробилке БЗС 0090 М и высушивали при температуре 100 °С не менее 2 ч. По методу прессования предварительно пластифицированной заготовки получали плиты с размерами в плане 250×250 мм и толщиной 4–6 мм. Режимы получения плит: температуры по зонам экструдера 200–220 °С, температура накопителя 220 °С, усилие прессования 450–500 кН. Варьировали содержание отходов ДСП 30 и 50 % масс. Из плит вырезали образцы для определения физико-механических свойств.

По стандартизированным методикам определяли разрушающее напряжение и модуль упругости при растяжении, разрушающее напряжение и модуль упругости при изгибе, прочность при срезе, ударную вязкость по Шарпи. Получены зависимости показателей физико-механических характеристик от содержания отходов ДСП.

Полученные данные можно использовать для определения области эффективного использования изделий на основе смешанных полимерных отходов и ДСП, а также освоении производства.

Студ. Д.А. Билинский  
Науч. рук. зав. кафедрой О.И. Карпович  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

По данным министерства жилищно-коммунального хозяйства в Республике Беларусь ежегодно образуется порядка 200 тыс. тонн полимерных отходов. Извлекается вторичных материальных ресурсов (ВМР) из этого количества всего около 20–25 %, остальное – захоранивается на полигонах. Как правило на захоронение идут трудно идентифицируемые, смешанные, загрязненные полимерные отходы. Введение в гражданский оборот таких отходов позволит снизить потребность в первичных природных ресурсах, обеспечить импортозамещение (первичные сырьевые материалы импортируются; часть ввозимых товаров также изготовлена из вторичных материалов), снизить нагрузку на полигоны захоронения отходов. Для определения области применения материалов на основе отходов необходимы сведения о их физико-механических характеристиках.

Исследовали физико-механические характеристики материалов на основе смешанных полимерных отходов, образующихся в «хвосте» мусоросортировочной линии ПКУП «Спецкоммунавтотранс» и сшитого полиэтилена, образующегося при разделке аккумуляторных батарей в ОАО «Белцветмет». По методу прессования предварительно пластифицированной заготовки получали плиты с размерами в плане 250×250 мм и толщиной 4–6 мм. Режимы получения плит: температуры по зонам экструдера 200–230 °С, температура накопителя 230°С, усилие прессования 350–400 кН. Варьировали содержание сшитого полиэтилена 30 и 50 % масс. Из плит вырезали образцы для определения физико-механических свойств.

По стандартизированным методикам определяли разрушающее напряжение и модуль упругости при растяжении, разрушающее напряжение и модуль упругости при изгибе, прочность при срезе, ударную вязкость по Шарпи. Получены зависимости показателей физико-механических характеристик от содержания сшитого полиэтилена.

Полученные данные можно использовать для определения области эффективного использования изделий на основе смешанных полимерных отходов и сшитого полиэтилена, а также освоении производства.

Студ. М.И. Гловацкий, В.М. Апанасович  
Науч. рук. зав. кафедрой О.И. Карпович  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА**

Исследователи и специалисты отрасли, в настоящее время работающие над 3D-печатью с использованием бетона, предполагают, что внедрение этой технологии в строительную отрасль станет серьезным препятствием для ее развития.

Большинство стран мира имеют высокий уровень требований к безопасности при строительных работах, что приводит к значительным затратам в строительной отрасли. Несмотря на это, уровень травматизма в строительном секторе по-прежнему один из самых высоких по сравнению с другими секторами промышленности. Согласно данным за 2014 год, предоставленным Австралийским бюро статистики, 52 человека из 1000 получили ранения в строительном секторе. Аналогичным образом, в Соединенных Штатах это число составляло 40 на 1000. Одним из основных преимуществ автоматизированного строительства (например, с использованием технологий 3DCP) является его способность значительно снизить количество травм и смертей в строительном секторе, избегая многих опасных и трудоемких задач.

Футуристическое представление строительства домов (рисунок 1) с использованием технологии 3DCP являются примерами видения тех специалистов, кто в настоящее время работает в этой области.



**Рисунок 1 – Футуристическое видение строительства дома**

Основным материалом для 3D-печати является бетон на основе цемента или фибробетон. Используемый состав должен обладать следующими характеристиками: экструдированностью (пластичностью), высокой скоростью схватывания (как правило, не более 30 мин), по-

движностью, высокой адгезией, морозостойкостью, водоудерживающей способностью.

Одной из важных характеристик состава является время схватывания. Исследовали состав на основе портландцемента Д0 ПЦ 500 (I 42,5) ГОСТ 31108–2016. Подбирали содержание ускорителя схватывания. В качестве ускорителя схватывания использовали поташ ( $K_2CO_3$ ). Сроки схватывания определяли на приборе Вика в соответствии с ГОСТ 310.3–76. При содержании поташа 0,5 % масс. от доли цемента получили время начала схватывания 15 мин, что соответствует предъявляемым требованиям.

Подобранное содержание ускорителя использовали для изготовления образцов для оценки технологичности и прочностных характеристик. Из состава (портландцемент (33,4 % масс.), песок фракции менее 1 мм (50,2% масс.), вода (13,4 % масс.), поташ (0,17 % масс.), суперпластификатор Sikament BV 3M (0,17 % масс.), клей ПВА (2,7 % масс.)) изготавливали образцы для испытаний на прочность при сжатии и изгибе. Прочность при изгибе и сжатии определяли по ГОСТ 310.4–81 после трехдневной выдержки. Получили среднее значение прочности при изгибе 4,0 МПа, при сжатии 30 МПа, что является достаточно хорошими показателями для данного срока выдержки.

На стадии замешивания и укладки замечено, что используемый состав легко поддается механическому воздействию (обладает необходимой пластичностью), при этом при укладке слоев отсутствует растекание (см. рисунок 2).



Рисунок 2 – Укладка исследуемого состава

Таким образом в результате экспериментов подобран начальный состав, который обладает необходимыми технологическими и прочностными характеристиками для использования в 3D-печати. Необходимы дальнейшие исследования для уточнения состава.

Студ. Я.Д. Михасева, А.Г. Волчок, П.С. Авраменко  
Науч. рук. зав. кафедрой О.И. Карпович  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ЗАКОНА ТЕЧЕНИЯ РАСПЛАВОВ МАТЕРИАЛОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА

Одним из наиболее распространенных методов получения изделий с использованием трехмерных технологий является метод послойное нанесение расплавленного строительного материала (FDM-печать). Для описания процесса выдавливания расплава через сопло печатающей головки необходимы сведения о их вязких свойствах, которые в литературе отсутствуют.

Для описания процессов вязкого течения термопластичных полимерных расплавов используют нелинейные законы. Наибольшее распространение получил степенной закон Оствальда-де-Вила. Согласно этому закону зависимость между касательным напряжением  $\tau$  и скоростью сдвига  $\dot{\gamma}$  записывают в виде степенной функции [1]:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}^n$$

где  $\mu$  – коэффициент консистенции;  $n$  – параметр среды ( $n < 1$ ).

Температурную зависимость коэффициента консистенции представляют в форме закона Аррениуса:

$$\mu(T) = \mu_0 \exp(E_E / R_T T)$$

где  $\mu_0$  – параметр, имеющий размерность вязкости;  $E_E$  – энергия активации вязкого течения;  $R_T$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – термодинамическая температура.

Используя капиллярный метод определяли параметры закона течения ( $\mu$ ,  $n$ ) для наиболее распространенных в FDM-печати материалов PLA и ABS – пластика. Параметры определяли при двух значениях температуры для каждого из материалов, отличающихся не менее чем на 10 °С. Определяли параметры закона Аррениуса ( $\mu_0, E_E$ ).

Полученные данные можно использовать для оптимизации параметров процесса FDM-печати.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ставров, В. П. Формообразование изделий из композиционных материалов / В.П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРЕМЫ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Одним из наиболее простых методов исследования движения механических систем с одной степенью свободы является использование теоремы об изменении кинетической энергии. К достоинствам данного метода можно отнести то, что определении скорости узла механической системы в зависимости от некоторой обобщенной координаты

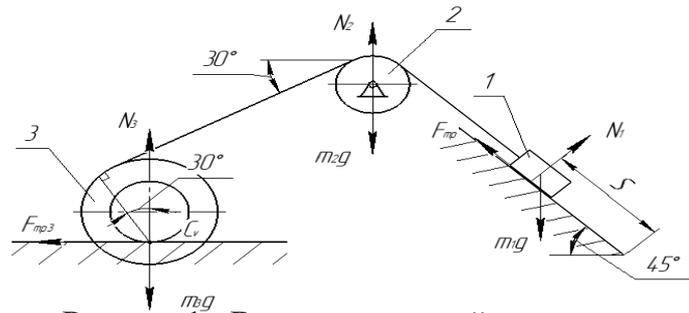


Рисунок 1 – Вид механической системы

(пройденного пути, угла поворота и т.д.) отсутствует необходимость в решении дифференциальных уравнений. рассмотрим в качестве примера механическую систему представленную на рис. 1.

К особенностям данной системы можно отнести тот факт что нить приводящая в движение каток 3 является не параллельной. В этом случае угловая скорость колеса 2 и катка 3 связаны соотношением

$$\omega_2 r_2 = v = \omega_3 R + \omega_3 r \cos 30^\circ \Rightarrow \omega_3 = 2v_1 / 3\sqrt{3}r, \quad v_3 = 2v_1 / 3\sqrt{3}.$$

Итоговое выражение для кинетической энергии механической системы принимает вид

$$K = \frac{mv_1^2}{2} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \right) = \frac{13mv_1^2}{12}.$$

Что касается работ сил действующих на исследуемую систему, то в условиях задачи работу совершает сила тяжести действующая на груз 1 и сила трения

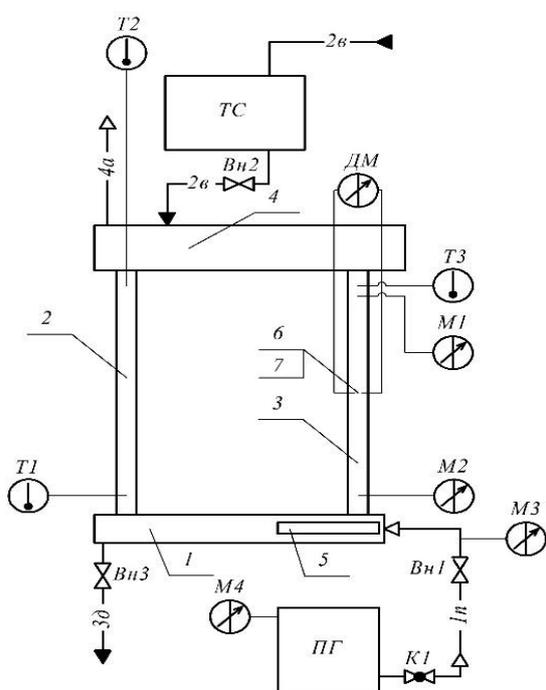
$$\sum_i A_i = mgS \sin(45^\circ) - 0.25mgS \cos(45^\circ) = \frac{3\sqrt{2}}{8} mgS.$$

Окончательно с учетом того, что в начальный момент механическая система покоилась получаем

$$\frac{13mv_1^2}{12} = \frac{3\sqrt{2}}{8} mgS \Rightarrow v_1 = \sqrt{gS \frac{9\sqrt{2}}{26}}.$$

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОБМЕНА В ВЫНОСНОМ СТРУЙНОМ ТЕПЛОБМЕННИКЕ

В случае необходимости обеспечить интенсивный теплообмен между средами, допускающими их непосредственный контакт, наиболее простым решением является использование теплообменников смешения. В частности нагрев жидких сред возможно проводить острым паром в барботажных или струйных аппаратах.



**Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:**

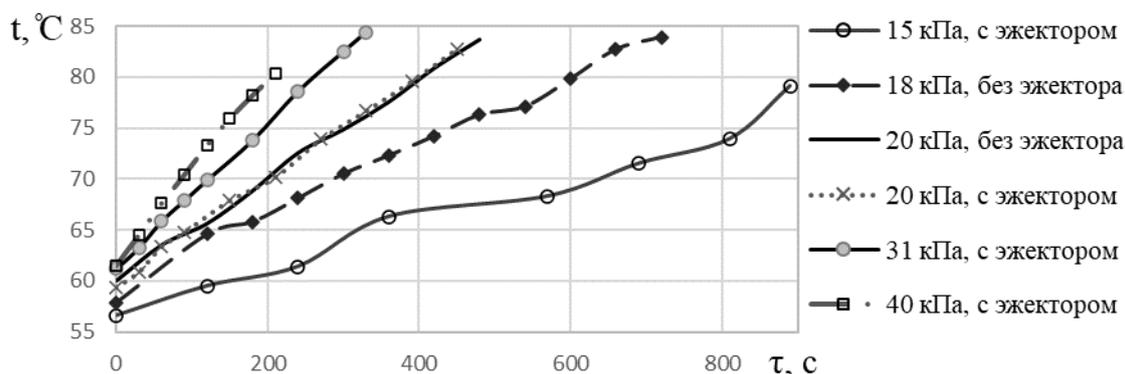
1 – корпус теплообменного аппарата; 2 – горячая труба; 3 – холодная труба; 4 – емкость; 5 – устройство эжекторное; ПГ – парогенератор; ТС – термостат; M1, M2 – пьезометры; M3 – манометр образцовый; M4 – манометр; T1, T3 – термометры; Вн1 – Вн3 – вентили; К1 – кран. Обозначение потоков: In – греющий пар; 2в – вода; 3д – дренаж; 4а – сообщение с атмосферой

Была разработана модель циркуляционного теплообменника смешения и экспериментальная установка для его исследований, схема которой представлена на рис. 1. Установка включает емкость 4, соединенную циркуляционными трубами 2 и 3 с корпусом теплообмен-

Интерес к изучению струйных подогревателей обусловлен возможностью относительно простого монтажа в эксплуатируемое оборудование и их простой конструкцией при сохранении эффективности и компактности. Однако, использование таких подогревателей зачастую нежелательно из-за механического воздействия высокоскоростной струи пара на элементы конструкции, а также из-за негативного влияния сопутствующей такому теплообмену кавитации [1–3]. Во избежание негативных гидромеханических эффектов, возникающих при использовании струйных подогревателей, применим вариант использования выносного теплообменника. Однако, в литературе приводится лишь описательная информация, относящаяся к теплообменникам смешения, не позволяющая производить их расчет и конструирование.

ного аппарата 1. Внутри корпуса 1 устанавливалось эжекционное устройство 5. Весь теплообменник был выполнен из прозрачного материала, что позволяло вести визуальные наблюдения в ходе эксперимента.

В ходе эксперимента определялась динамика изменения температуры нагреваемой среды в различных точках установки и теплообменника. Изменение температуры воды на входе в ёмкость 4 во времени показана на рис. 2. При применении эжектора значимое увеличение интенсивности теплообмене обнаружено.



**Рисунок 2 – Динамика роста температуры во времени при различных значениях избыточного давления острого пара**

Проводилась видеосъемка зоны взаимодействия пара с жидкостью и картины течения трассера в циркуляционной трубе при изменении скорости циркуляции. Обнаружена устойчивая циркуляция, возникающая из-за эжекционного эффекта и возникающей разности плотностей.

По итогам проведенных исследований выявлено, что объемный коэффициент теплопередачи (в расчете на объем теплообменного аппарата) при скоростях истечения острого пара 80–125 м/с составляет 70–130 кВт/(м<sup>3</sup>·К). Значение коэффициента теплопередачи при этом возрастает с ростом скорости истечения. Объемная плотность теплового потока в теплообменном аппарате достигала значений 3,75 МВт/м<sup>3</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Теплотехника: Учеб. для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др.: Под ред. В. Н. Луканина – 2-е изд. перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 671 с.
2. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Зингер Н. М. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
3. Цегельский, В. Г. Двухфазные струйные аппараты / В. Г. Цегельский. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 408 с.

## THEORETICAL STUDY OF THE MOTION OF A DROP WITH A PARTICLE MASS

A large number of works is devoted to the study of the hydrodynamic interaction of a spherical particle at low Reynolds numbers, [1]. In doing so, both solid particles and droplets were considered. However, consideration of the influence of substance evaporation from the particle surface was carried out with a large number of approximations [2]. In this regard, the purpose of our work is to perform theoretical analysis of drop motion with simultaneous evaporation of substance from its surface.

The evaporation rate of water is described by the equation:

$$w = \beta_y (p_H - p) MF, (1)$$

where  $w$ -evaporation rate,

For the calculation of mass efficiency, we apply the Fresling equations:

$$Sh = 2 + 0,6 Re^{0,5} Sc^{0,333}. (2)$$

At the same time, Sherwood's number can be expressed as:

$$Sh = \frac{\beta_y dRT}{D}. \text{Ошибка! Закладка не определена.}$$

From equations (2) and (3) we can express the mass transfer coefficient:

$$\beta_y = \frac{D}{\delta RT} (2 + 0,6 Re^{0,5} Sc^{0,333}). (3)$$

Then, taking into account equation (4), equation (1) takes the form:

$$w = \frac{\pi D p_H M d}{RT} (2 + 0,6 Re^{0,5} Sc^{0,333}). (4)$$

The evaporation rate of a drop can also be described with the help of the equation:

$$w = -\frac{dm}{dt} = -\frac{d}{dt} \left( \frac{\pi d^3}{6} \rho_{ж} \right) = -\frac{\pi \rho_{ж} d^2}{6} \frac{dd}{dt}, (5)$$

By equating the right parts of equations (5) and (6), after appropriate transformations we can write down:

$$-\frac{dd_{\kappa}}{dt} = \frac{4Dp_{\text{H}}M}{RT\rho_{\text{ж}}d_{\kappa}} \left( 1 + 0,1\text{Sc}^{1/3} \left[ \frac{(\rho_{\text{ж}} - \rho)\rho g}{2\mu^2} \right]^{1/2} d_{\kappa}^{3/2} \right). \quad (6)$$

We enter the following designations:

$$A = \frac{2Dp_{\text{H}}M}{RT\rho_{\text{ж}}}; B = \left( 0,1\text{Sc}^{1/3} \left[ \frac{(\rho_{\text{ж}} - \rho)\rho g}{2\mu^2} \right]^{1/2} \right)^{-\frac{1}{3}}.$$

Taking into account the accepted designations, by integrating equation (7) after the transformations we will finally obtain the time during which the particle will completely evaporate.

$$t = \frac{B^4}{A} \left( \frac{x_0}{B} - \frac{1}{6} \ln \frac{\left( 1 + \frac{x_0}{B} \right)^2}{\left| 1 - \frac{x_0}{B} + \left( \frac{x_0}{B} \right)^2 \right|} - \frac{1}{\sqrt{3}} \left( \text{arctg} \left( \frac{2\frac{x_0}{B} - 1}{\sqrt{3}} \right) + \text{arctg} \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \right) \right) \quad (7)$$

Path  $h$  which passes a drop until it completely evaporates, we calculate by using the equation: or

$$dh = \frac{(\rho_{\text{ж}} - \rho)gB^3 d_{\kappa}^3 dd_{\kappa}}{36\mu A (B^3 + d_{\kappa}^{3/2})}. \quad (8)$$

By entering the designation  $C = \frac{18\mu A}{(\rho_{\text{ж}} - \rho)g}$ , we make a note of

$$dh = \frac{B^3}{C} \left( x^4 - B^3 x + \frac{B^6 x}{B^3 + x^3} \right) dx. \quad (9)$$

By integrating, we get

$$h = \frac{B^8}{C} \left[ \frac{1}{5} \left( \frac{x_0}{B} \right)^5 - \frac{1}{2} \left( \frac{x_0}{B} \right)^2 - \frac{1}{6} \ln \frac{\left( 1 + \frac{x_0}{B} \right)^2}{\left| 1 - \frac{x_0}{B} + \left( \frac{x_0}{B} \right)^2 \right|} + \frac{1}{\sqrt{3}} \left( \text{arctg} \frac{2\frac{x_0}{B} - 1}{\sqrt{3}} + \text{arctg} \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \right]. \quad (10)$$

## LITERATURE

1. Грин Х., Лэйн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Ленинград: Химия; 1972. 427 с.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен в процессах испарения // Инженерно-физический журнал. –1962. Т. 5, № 11. – С. 12–24.

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИГИДРОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА (III) ПРИ ЩЕЛОЧНОЙ КОНВЕРСИИ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА (II)

Оксиды и оксигидроксиды железа (III) представляют собой обширный класс соединений, состав и свойства которых зависят от условий их получения (тип и концентрация исходных веществ, их соотношение, pH в системе, температура, скорость окисления).

Целью настоящего исследования явилось установление зависимости между составом метастабильных модификаций кислородсодержащих соединений железа (III) и условиями их синтеза в концентрированных растворах, образующихся в системе  $\text{FeSO}_4 - \text{KOH} - \text{H}_2\text{O} - \text{O}_2$ .

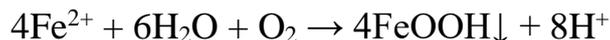
Исследования проводили следующим образом: технический железный купорос состава, мас. %  $\text{FeSO}_4 - 52,0$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{своб}} - 0,98$ ,  $\text{H}_2\text{O} - 46,97$ , н.о. –  $0,05$ , смешивали с 50%-ным раствором KOH в мольном соотношении  $\text{KOH}:\text{FeSO}_4 = 2,1:1$ . Реакционную смесь механически активировали, разделяли на три части, после чего подвергали обработке в сушильном шкафу при температуре  $70-80^\circ\text{C}$ , в СВЧ-печи при мощности 70 Вт, и выдерживали на водяной бане при барботаже воздуха через систему. Продолжительность обработки во всех случаях составляла 10-15 часов. Содержание  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в исследуемых образцах определяли химическими методами анализа, фазовый состав – рентгенофазовым методом анализа.

Показано, что степень окисления соединений железа (II) в продуктах конверсии  $\text{FeSO}_4$  при выше описанных условиях существенно отличается и определяет фазовый состав кислородсодержащих соединений железа. Максимальное окисление характерно для образцов, полученных с использованием барботажа воздуха через систему. При низкой степени окисления (30,0 – 50,0%), достигаемой при обработке продуктов конверсии в сушильном шкафу и СВЧ-печи, в твердой фазе, согласно химическому анализу, присутствуют соединения Fe(II) и Fe(III). Кроме того, несмотря на отмывку от растворимой соли  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , обнаруживается сульфат-ион, содержание которого находится на уровне 5,0 – 7,0 мас. %, в зависимости от типа обработки. Данный факт, исходя из известных данных [1, 2], можно объяснить образованием при окислении соединений Fe(II) двойных гидросолей с об-

щей формулой  $[\text{Fe}^{\text{II}}_{(1-x)}\text{Fe}^{\text{III}}_x(\text{OH})_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  под названием «зеленая ржавчина» («GreenRust»).

Установлено, что образцы, полученные микроволновой и термической обработкой продуктов конверсии  $\text{FeSO}_4$ , содержат, преимущественно, двойные гидроксополимеры, а также магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . При этом микроволновая обработка способствует достижению более высокой степени окисления  $\text{Fe}^{2+}$  по сравнению с термической обработкой при сравнительной продолжительности процесса и температуре. Характерным в этом случае является более высокое содержание магнетита в продуктах окисления, о чем свидетельствуют рентгенограммы образцов.

Состав образцов, полученных после обработки продуктов конверсии  $\text{FeSO}_4$  на водяной бане с продувкой системы воздухом, отличается от состава вышеописанных продуктов. Известно, что при окислении  $\text{Fe}^{2+}$  наблюдается уменьшение pH в системе, в соответствии с общей схемой:



Это способствует растворению продуктов щелочной конверсии  $\text{FeSO}_4$  присутствию, вследствие этого, соединений железа (III) в жидкой фазе, которые переходят в твердую фазу. Рентгенографически в данных образцах идентифицируются фазы  $\alpha\text{-FeOOH}$  и  $\gamma\text{-FeOOH}$ . Согласно известным данным [3], образование этих соединений в суспензиях происходит по механизму «растворение – окисление – осаждение».

Обобщение и анализ экспериментальных данных позволили установить на данном этапе исследования зависимость состава промежуточных метастабильных кислородсодержащих соединений железа от условий обработки продуктов щелочной конверсии железного купороса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Р. Багаутдинова, А. В. Толчев, Д. Г. Клещев, В. Ю. Первушин. Фазообразование в системе  $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{H}^+/\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$ . / Журнал прикладной химии. 1999, Т. 72. вып. 10, с. 1588-1592.
2. Шабанова, В. В. Попов, П. Д. Саркисов. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 309с.: ил.
3. В. В. Попов, А. И. Горбунов, Е. Ф. Левина. Закономерности образования нанокристаллических частиц оксигидроксидов железа (III) при окислении соединений железа (II) в нейтральной среде. / Журнал неорганической химии. 2010, Т. 55. № 7, с. 1063-1069.

УДК 661.827.9

Маг. И.У. Рахманов, студ. В. В. Климович, студ. Д.В. Гайдук  
Науч. рук. д. т. н., проф. Л. С. Ещенко (кафедра технологии неорганических  
веществ и общей химической технологии, БГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ И КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ В СИСТЕМЕ $\text{FeSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KOH-H}_2\text{O}$

Образование гидроксидов, оксигидроксидов и оксидов железа происходит при окислении соединений железа (II), гидролиза соединений железа (III) и их фазовый состав, дисперсность определяются условиями получения. В данной работе исследован состав и свойства продуктов щелочной конверсии, полученных на стадиях окисления соединений железа (II) в суспензии и термической дегидратации. Щелочную конверсию сульфата железа в присутствии KOH проводили как описано ранее [1]. После окисления соединений железа (II), отмывки растворимой соли  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , сушки, твердая фаза представляла собой мелкодисперсный порошок грязно-коричневого цвета, который переходил в коричневый, затем в красно-коричневый цвет по мере термообработки в интервале  $100\text{-}600^\circ\text{C}$ . Установлено, что потеря массы образцом, предварительно высушенным при  $100^\circ\text{C}$ , происходит, в основном, в интервале  $100\text{-}400^\circ\text{C}$  и составляет 10-11 мас.%. При нагревании от  $400$  до  $600^\circ\text{C}$  потеря массы составляет не более 2 мас.%; до  $750^\circ\text{C}$  сопровождается увеличением на 2,5-3,5 мас.%.

Показано, что промежуточными метастабильными фазами окисления являются ферригидрит состава  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , оксигидроксиды Fe(III):  $\alpha\text{-FeOOH}$ ,  $\gamma\text{-FeOOH}$ . Отмечено, что потеря массы образцом в интервале  $700\text{-}750^\circ\text{C}$  обусловлена термическим разложением  $\text{Fe}_2(\text{SO})_3$ , который, согласно [2], образуется при термообработке  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  в интервале  $600\text{-}700^\circ\text{C}$  параллельно с  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Образование фазы  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  происходит и при термической дегидратации оксигидроксидов железа, которая идентифицируется уже при  $500^\circ\text{C}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д. Битук, Р.А. Воронцов, Л.С. Ещенко. Исследование процесса комплексной переработки железного купороса на технические продукты. / Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов. 2019, Т. 1. Губкин, с.285-287.

2. Р. Р. Багаутдинова, А. В. Толчев, Д. Г. Клещев, В. Ю. Первущин. Фазообразование в системе  $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{H}^+/\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$ . / Журнал прикладной химии. 1999, Т. 72. вып. 10, с. 1588-1592.

УДК 661.846.455.3

Студ. К.А. Чижевский, студ. В.С. Блинов  
Науч. рук. д. т. н., проф. Л. С. Ещенко (кафедра технологии неорганических  
веществ и общей химической технологии, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ТРИДИМИТОПОДОБНОГО ЖЕЛЕЗОФОСФАТА**

Безводный ортофосфат железа, обладающий структурой каркасного типа, представляет интерес как дисперсная фаза электрореологических суспензий. В данной работе исследован процесс получения тридимитоподобного  $\text{FePO}_4$  на основе дигидрата ортофосфата железа с моноклинной структурой.

Получение гидратированного ортофосфата железа осуществляли взаимодействием ИМ растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Образовавшуюся суспензию подвергали гидротермальному старению при температуре 96-97 $^\circ\text{C}$  в течение 48 часов. Химический анализ отмытого и высушенного железософосфата показал, что полученное соединение имеет состав  $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и моноклинную структуру, имеющую минералогическое название фосфосидерит.

Показано, что полное обезвоживание ортофосфата железа происходит в интервале температур 60-350 $^\circ\text{C}$  в политермическом режиме, 180-190 $^\circ\text{C}$  – в изотермическом. При термообработке железософосфата в области температур 350-550 $^\circ\text{C}$  рентгенографически идентифицируется тридимитоподобная форма безводного фосфата железа, которая является метастабильной, поскольку повышение температуры до 700 $^\circ\text{C}$  сопровождается образованием и формированием кварцеподобного  $\text{FePO}_4$ .

Исследована дисперсность гидратированного и безводного железософосфата. Показано, что данные соединения являются полидисперсными с размером частиц в интервале 0,2-50,0 мкм. В гидратированном железософосфате доля мелких частиц с размером 0,2-10,0 мкм составляет 32,94 %, от 20,0 мкм до 50,0 мкм – 33,05%, от 50,0-100,0 мкм – 5,7%. Распределение частиц по размерам для безводного фосфата железа со структурой тридимита, полученного в интервале температур 500-550 $^\circ\text{C}$  сильно не отличается от распределения частиц по размерам для гидратированного железософосфата. Повышение температуры термообработки до 750-800 $^\circ\text{C}$  приводит к спеканию мелких частиц, в результате их доля уменьшается до 1,0-1,5% (0,2-3,0 мкм), но возрастает доля частиц с размером 50-100 мкм до 11,7%.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ СУСПЕНЗИЙ И РОЛЬ В НИХ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ**

Электрореологические жидкости проявляют себя как важный класс так называемых «умных материалов» – Smartmaterials, создание которых сегодня является очень привлекательным направлением в науке и технике, учитывая широчайший спектр областей их возможного применения. Реологические свойства таких жидкостей (вязкость, предел текучести, модуль сдвига) можно изменить воздействием внешнего электрического поля. Однако, несмотря на заманчивые перспективы гибкого управления течением электрочувствительных сред, последние до сих пор не получили значительного применения. Отчасти это объясняется отсутствием достаточно эффективных рецептур электрореологических композиций, по своим эксплуатационным свойствам удовлетворяющих запросу пользователей в широком диапазоне изменения внешних параметров (температуры, влажности и т. д.).

Обычные электрореологические суспензии состоят из твердых частиц дисперсной фазы, поляризующихся в электрическом поле, непроводящей жидкости – дисперсионной среды и, при необходимости, добавок ПАВ и активаторов. Главную роль в обеспечении высокого реологического отклика на электрическое воздействие выполняет дисперсная фаза.

Теоретически обоснованного подхода к выбору материала, обладающего наибольшей электрореологической активностью, не существует. Это связано с многофакторностью рассматриваемого явления и отсутствием систематических исследований, направленных на анализ физико-химических аспектов проявления электрореологического эффекта. Начиная с открытия электрореологического эффекта и в последующих исследованиях, дисперсная фаза электрореологических жидкостей подбиралась эмпирическим путем.

Спектр применяемых материалов весьма широк. Электропроводность, диэлектрическая проницаемость, структура частиц и их поверхностные свойства настолько разнообразны, что трудно выделить приоритеты, определяющие возможность управления электрореологической активностью.

На основе анализа многочисленных зарубежных исследований можно назвать наиболее перспективные материалы для использования

в качестве наполнителей электрореологических суспензий. Таковыми на сегодня являются:

- безводные соли поливалентных металлов [1];
- композиционные материалы типа «ядро-оболочка» [2];
- поверхностно и структурно модифицированные материалы [3].

Способы синтеза наполнителей различаются в зависимости от получаемого материала, однако перспективными могут считаться золь-гель технология и гидротермальный синтез высокодисперсных порошков неорганических соединений с их последующей термообработкой для создания безводных гетерогенных ЭРС.

Анализ современной литературы позволяет обосновать цели и задачи дальнейших экспериментальных исследований по разработке электрореологических композиций, которые проводятся на кафедре ТНВиОХТ БГТУ совместно с сотрудниками ИТМО НАН Беларуси. Целесообразными объектами исследования, безусловно, являются безводные композитные материалы на основе термически и химически устойчивых соединений фосфора, поливалентных металлов, модификаторов, состав и свойства которых определяются способом и условиями получения, что показано, например, в работе [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hao T. *Electrorheological Fluids: The Non-aqueous Suspensions, (Studies in Interface Science)* / Cambridge, Massachusetts, USA: Elsevier Science, 2005. – Vol. 22. – 578 p.
2. Yu Zhen Dong, Wen Jiao Han, HyoungJin Choi. *Polyaniline Coated Core-Shell Typed Stimuli-Responsive Microspheres and Their Electrorheology* // *Polymers (Basel)*. – 2018. – V. 10, № 3. – P. 299.
3. Tang H., He J., Persello J. *Giant electrorheological effects of aluminum-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles* // *Particuology*. – 2010. – V. 8, № 5. – P. 442–446.
4. Ещенко Л.С., Понятовский О.В. *Получение микрокристаллического гидратированного ортофосфата алюминия* // *Новейшие исследования в современной науке: опыт, традиции, инновации: материалы X Международной научной конференции, г. Моррисвилль, Северная Каролина, США, 18-19 февраля 2020 г.* / LuluPress, Morrisville, USA. – 2020. – С. 21 – 26.

## **НОВЫЕ ВИДЫ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ**

Почва не может быть постоянно плодородной, если ее не удобрять. Для улучшения свойств почвы применяются различные вещества, как правило, минеральные или органические.

При сочетании органических и минеральных веществ получают органоминеральные удобрения, которые также называют гуминовыми. Этот вид сочетает в себе преимущества обоих типов. Органика в данном случае выполняет роль основы, в качестве которой чаще используется черный низинный торф, нередко навоз, помет. После специальной обработки в их состав вводят макро- и микроэлементы и в результате получают хорошо усваиваемый растениями органоминеральный комплекс.

Содержание в составе минеральных солей помогает как можно быстрее проявить действие, а органические элементы снабжают растения полным комплексом питательных веществ. Кроме того, они изменяют физико-химические свойства почвы, что позволяет сделать ее более плодородной, а также усилить деятельность в ней различных микробиологических процессов.

Условно можно разделить органоминеральные удобрения на гуматизированные и комплексные.

Гуматизированный вид органоминеральных удобрений – это обычные минеральные вещества, модифицированные гуминовыми компонентами. Препараты этой группы способствуют повышению плодородности почв при минимальном воздействии на окружающую среду.

Комплексные – подходят для обработки растений, выращиваемых в открытом и защищенном грунте. Они обладают достоинствами органических и минеральных удобрений.<sup>24</sup>

По форме производятся органоминеральные удобрения в жидком виде и гранулированном. Последняя разновидность более распространена, так как имеет ряд преимуществ. Они характеризуются высокой сыпучестью, удобством хранения и внесения в почву.

Среди гранулированных органоминеральных удобрений (ОМУ) наиболее перспективными являются ОМУ, изготавливаемые на основе

черного низинного торфа, который подвергается специальной обработке.

Беларусь входит в пятерку мировых лидеров по добыче торфа. В Республике добывается около 2,5 миллиона торфа в год. В настоящее время торфяная промышленность представлена 25 торфодобывающими и 3 машиностроительными организациями, осуществляющими добычу торфа и производство торфяной продукции.

С учетом располагаемых запасов торфа разрабатываются новые проекты по добыче и производству этого сырья. Белорусскими учеными разрабатываются новые технологии производства органоминеральных удобрений на основе торфа.

Одним из наиболее многообещающих способов производства высококачественных органоминеральных удобрений в Республике является удобрения, произведённые на основе низинного торфа обогащённого гуматами.

В последние годы перед экологами явно встала проблема того, что планета перенаселена, почвы перегружены, и поэтому отмечается процесс деградации земельных угодий. Происходит сокращение гумуса за счёт эрозии, засолений и просто из-за снижения плодородия по причине постоянной эксплуатации почвы.

В связи со сложившейся экологической обстановкой наиболее перспективным способом восстановления земель, с целью повышения плодородия почв и увеличению урожайности, является внесение органоминеральных удобрений, обогащённых гуминовыми препаратами. Данные удобрения сочетают в себе действие органических и минеральных веществ, но при этом исключают вредные для почвы добавки. Именно по этому принципу разрабатываются такие удобрения, которые лежат в основе органического земледелия, полностью безопасного для окружающей среды и здоровья человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ЧПУП “БИОХИМ” [Электронный ресурс]/ ЧПУП Биохим. – Минск, 2011. – Режим доступа: <http://biohim-bel.com/organomineralnye-udobreniya>. – Дата доступа: 24.04.2020 г.

2. ХимАгроПромминеральные удобрения [Электронный ресурс] / ХимАгроПро. – Екатеринбург, 2008. – Режим доступа: <http://himagroprom.ru/vopros/2/90/>. – Дата доступа: 24.04.2020 г.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

В настоящее время фосфорная кислота имеет широкое применение. Она используется во многих отраслях промышленности, а также в медицине, машиностроении. Но основным ее потребителем является сельское хозяйство. Для кормовых фосфатов выдвигаются особые требования по содержанию фтора и свинца.

**Таблица – Требования по содержанию**

Наименование показателя	Норма				
	Монокальцийфосфат		Дикальцийфосфат (преципитат)	Трикальцийфосфат	
	1-й сорт	2-й сорт		Высший сорт	1-й сорт
1. Массовая доля фтора, %, не более	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
2. Массовая доля мышьяка, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,0002	0,001
3. Массовая доля свинца, %, не более	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Для получения кормовых фосфатов соответствующих приведенным выше требованиям необходимо использовать фосфорную кислоту глубокой очистки. Может использоваться термическая фосфорная кислота или очищенная экстракционная.

Среди известных методов очистки ЭФК можно выделить следующие: сорбционные, экстракционные, кристаллизационные и криогенные, осаждения примесей в виде малорастворимых солей, осаждение примесей при нейтрализации ЭФК, очистка ЭФК от твердых и взвешенных веществ.

По отдельности с помощью этих методов затруднительно достичь глубокой очистки ЭФК, поэтому на современном этапе используют комбинированные методы очистки.

Единственным производителем экстракционной фосфорной кислоты и фосфорсодержащих удобрений в Республике Беларусь является ОАО «Гомельский химических завод». При его строительстве в технологическую схему закладывались решения направленные на использование для переработки апатитового концентрата, поставляемого

го сегодня российской компанией «Фосагро», т.е. Кировский апатитовый концентрат. Однако начиная с 2005 года, у предприятия возникли серьезные проблемы связанные с непрерывным удорожанием фосфатного сырья и сложностями в обеспечении его поставок.

Поэтому предприятием заключены контакты на поставку сырья из Марокко, Иордании Сирии и Казахстана. Прорабатывались из ряда других Африканских стран и стран Юго-Восточной Азии. Однако по своему химическому и минералогическому составу данные виды сырья значительно отличаются от традиционных апатитов не только по содержанию основного вещества - фосфора, но по содержанию нежелательных примесей

Кроме того, Республика Беларусь испытывает значительную потребность в кормовых фосфатах и чистых фосфатных солях, производство которых не может быть организовано на базе экстракционной фосфорной кислоты. Однако несмотря на наличие промышленной базы по выпуску экстракционной фосфорной кислоты на ОАО «Гомельский химический завод» кормовые фосфаты и технические соли на основе очищенной экстракционной фосфорной кислоты отсутствуют. Закупка по импорту необходимой для этого термической либо очищенной кислоты делает производство кормовых фосфатов не рентабельным. В связи с чем страна ежегодно вынуждена тратить значительные финансовые ресурсы на закупку импортных продуктов.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку наиболее рентабельных методов очистки ЭФК. Будут исследованы физико-химические закономерности разработаны оптимальные технологические параметры обесфторивания упаренной фосфорной кислоты из различных видов фосфатного сырья методами осаждения с применением различных осадителей и вспомогательных реагентов; гидротермическим методом с использованием различных активаторов. Так же будут проведены исследования в области распределения компонентов и примесей системы  $\text{CaSO}_4\text{-H}_3\text{PO}_4\text{-H}_2\text{O}$  при различных режимах экстракции и различных видов сырья. В заключении разработана энерго- и ресурсосберегающая технология очистки экстракционной фосфорной кислоты, и технологии получения кормовых фосфатов и технических солей на ее основе.

## ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФАТА КАЛИЯ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА

Известен ряд способов [1] переработки железного купороса с целью получения кислородсодержащих соединений железа, используемых как пигментных, магнитных материалов. Побочными продуктами при этом являются серосодержащие газы или растворы солей, в частности, сульфат натрия или аммония. Авторами [2] предложен способ получения гематита, как красного пигмента, с использованием железного купороса, водного раствора аммиака и карбамида, с образованием в качестве побочного продукта азотсодержащего концентрированного жидкого удобрения.

В данной работе исследован процесс конверсии железного купороса в присутствии щелочного реагента КОН с целью получения гематита как красного пигмента и побочного продукта – сульфата калия.

При исследовании использовали железный купорос который имел следующий состав (мас.%):  $\text{FeSO}_4$  – 52,0,  $\text{H}_2\text{O}$  – 46,97. свободная  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 0,98, н.о. – 0,05; и 50%-ный раствор гидроксида калия. Мольное соотношение между реагентами составляло  $\text{FeSO}_4 : \text{KOH} = 1:2,1$ , содержание  $\text{H}_2\text{O}$  в реакционной смеси – 62,0 мас.%. Процесс переработки железного купороса на оксид железа и  $\text{K}_2\text{SO}_4$  состоял из следующих стадий:

- 1 – Приготовление раствора КОН;
- 2 – Смешение реагентов;
- 3 – Механоактивация;
- 4 – Окисление соединений;
- 5 – Гидротермальная обработка суспензии;
- 6 – Фильтрация и отмывка осадка от сульфата калия;
- 7 – Кристаллизация сульфата калия;
- 8 – Термообработка твердой фазы.

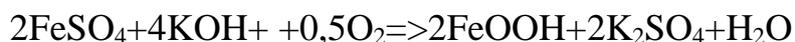
Механоактивацию проводили в планетарной мельнице в течение 7-10 минут при числе оборотов 500 в минуту. При окислении соединений железа (II) в продуктах конверсии температура составляла 40-60<sup>0</sup>С, рН среды 4,0-6,0, продолжительность гидротермальной обработки при 95-97<sup>0</sup>С 24 часа. Твердую фазу отделяли на вакуум-фильтре, отмывку от  $\text{K}_2\text{SO}_4$  осуществляли  $\text{H}_2\text{O}$  с температурой 70-80<sup>0</sup>С. Кристаллизацию  $\text{K}_2\text{SO}_4$  производили политермическим способом в интер-

вале температур 60-10<sup>0</sup>С. Твердую фазу термообрабатывали в интервале температур 200-600<sup>0</sup>С.

В процессе проведения экспериментальных исследований было установлено, что состав жидкой фазы, образующейся в процессе переработки железного купороса на  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в присутствии КОН зависит от ряда факторов, влияющих как на степень конверсии FeSO<sub>4</sub>, так и окисление соединений Fe<sup>2+</sup>. Установлено, что при степени окисления Fe<sup>2+</sup> менее 80,0% в жидкой фазе присутствуют растворимые соли железа (III), которые кристаллизуются совместно с K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> после отделения твердой фазы и охлаждения жидкой. При степени окисления соединений Fe<sup>2+</sup> 95,0% и выше достигаемой введением в продукты конверсии FeSO<sub>4</sub> окислителей и нагреванием до 70-80<sup>0</sup>С, жидкая фаза представляет собой раствор сульфата калия, концентрация которого находится на уровне 16,0%, что приближается к насыщенному раствору при температуре 80<sup>0</sup>С.

Показано влияние температуры на степень и скорость отмывки твердой фазы от растворимой соли K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Рассчитана степень использования сульфата железа и КОН в процессе щелочной переработки железного купороса на  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Согласно стехиометрическому уравнению



теоретический расходный коэффициент для получения K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по FeSO<sub>4</sub>, КОН составляет 1,17кг/кг и 0,91кг/кг, соответственно. Практический расходный коэффициент, с учетом выхода K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, равен 1,52кг/кг по FeSO<sub>4</sub> и 1,18кг/кг по КОН.

Следовательно, степень использования сульфата железа для получения на его основе K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> составляет 76,97%, КОН – 77,12%. Степень использования сырьевых компонентов может быть увеличена, с учетом промывной воды, образующейся на стадии отмывки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанова, В. В. Попов, П. Д. Саркисов. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 309с.: ил.

2. Салоников, В. А. Получение высокодисперсного оксида железа (III) низкотемпературным способом: дис. канд. техн. наук: 05.17.01 / В.А.Салоников. – Минск, 2005. – 149 с.

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СЕРЫ**

Одной из важнейших проблем, стоящих перед производителями сборного и монолитного железобетона, является повышение его долговечности. Для успешного решения обозначенной проблемы необходимо придать железобетонным конструкциям более высокую коррозионную стойкость от воздействия кислых газов, кислотных сред и солевых растворов. Задача повышения коррозионной стойкости решается по нескольким направлениям, важнейшим из которых является пропитка пористой структуры бетона различными кольматирующими составами. Однако эти приемы не обеспечивают поверхностную защиту бетона.

Одним из перспективных направлений по созданию антикоррозионного покрытия может служить сера, выполняющая роль связующего в композиционных материалах. Это обусловлено тем, что сера характеризуется высокой устойчивостью в минеральных кислотах, агрессивных солевых растворах и кислых газах. Серный расплав заполняет поры и капилляры на поверхности бетона, препятствуя миграции влаги и агрессивных веществ и уменьшая поверхность контакта бетона со средой. Нанесение коррозионно-стойких покрытий обеспечивает повышение эксплуатационного срока службы бетона в агрессивных средах.

Для получения коррозионно-стойкого покрытия получали образцы бетона – кубики размером  $2 \times 2 \times 2$  см, которые после твердения в возрасте 28 сут подогревали в сушильном шкафу до температуры  $140^\circ\text{C}$  и окунали в расплав серы. Серный расплав получали из шихты, состоящей из серы и песчаного наполнителя мелкой фракции, которые нагревали на песчаной бане при непрерывном перемешивании до температуры  $140\text{--}150^\circ\text{C}$  с целью получения однородной легкоподвижной массы за счет плавления серы. Полученные образцы испытывали на водопоглощение и устойчивость к агрессивным средам.

Предварительные результаты испытаний этих свойств показали, что водопоглощение составляло  $0,2\text{--}0,3\%$  (в более чем 10 раз ниже, по сравнению с контрольным образцом без покрытия), а устойчивость к действию растворов  $\text{NaOH}$  1%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  30%,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  5%, которая оценивалась по потерям массы образцов, находилась в диапазоне  $0,02\text{--}0,98\%$  ( $<1\%$ ), что свидетельствует об их стойкости.

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ СТЕКОЛ**

При изготовлении строительных конструкций для зданий с агрессивными средами рекомендуется применение полимербетонов на основе различных связующих. Однако при всех достоинствах полимерные материалы остаются по-прежнему дорогими, дефицитными, обладают повышенной токсичностью и зачастую не имеют необходимой сырьевой базы. Поэтому перспективными материалами строительного назначения, работающими в условиях воздействия агрессивных сред, с точки зрения долговечности являются силикатные и полимер-силикатные бетоны [1]. Важными свойствами для оценки качества таких композиционных материалов являются прочность и кислотостойкость. Наиболее часто применяемым отвердителем жидкого стекла является кремнефтористый натрий, который взаимодействуя со щелочью, понижает ее концентрацию и выделяет кремнекислоту, уплотняющую твердеющую систему и понижающую плотность материала.

Целью исследования являлась оптимизация содержания кремнефтористого натрия в жидкостекольных композициях, предназначенных для изготовления на их основе строительных материалов. Наполнителем служили кварцевый песок, доломит и шамот мелких и тонких фракций и низко модульное натриевое жидкое стекло, полученное энергосберегающим способом. Количеством отвердителя варьировали в диапазоне от 10 до 20 мас.% от массы жидкого стекла. [2]. Сначала перемешивали жидкое стекло с отвердителем, затем в смесь добавляли наполнитель. Испытания прочностных свойств проводили на образцах-кубиках размером 2×2×2 см. Наибольшими прочностными характеристиками обладали композиты с содержанием отвердителя 20 мас.% от количества жидкого стекла на доломитовом наполнителе. Таким образом, подобрано оптимальное количество отвердителя, обеспечивающее наилучшие прочностные свойства жидкостекольной композиции.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Хрулев, В.М. Полимерсиликатные композиции в строительстве / В. М. Хрулев // Уфа : ТАУ. – 2002. – 76 с.
2. Марков, С.В. Физико-механические свойства композитов на основе жидкого стекла для зданий и сооружений / С.В. Марков, Е.В. Завалишин, А.В. Юнкевич // Вестник МГСУ. – 2015. – № 7. – С. 69–78.

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК**

Техническая политика во всех без исключения отраслях экономики направлена на минимизацию расхода энергии. Это наглядно просматривается на примере жилищного строительства в Республике Беларусь. Если ранее коэффициент термического сопротивления был 1, затем 2,5, то в настоящее время законодательно принят коэффициент 3,2 для наружных ограждающих конструкций. Следует ожидать, что в ближайшие годы этот коэффициент будет вновь увеличен. Однослойные керамзитобетонные наружные стеновые панели не удовлетворяют современным требованиям по уровню термического сопротивления теплопередаче ( $R > 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ) и, тем более, ожидаемому росту его нормативных значений. Одним из путей повышения эффективности однослойных стеновых панелей является снижение средней плотности керамзитобетона. Наиболее эффективным способом улучшения структуры, повышения однородности и долговечности керамзитобетона при возможно меньшей его объемной массе является поризация бетонной смеси, т. е. получение поризованного керамзитобетона. Основная отличительная особенность технологии керамзитопенобетона по сравнению с технологией обычного керамзитобетона состоит в том, что из состава бетона исключается керамзитовый или любой другой песок и поризация смеси происходит благодаря введению технической пены при перемешивании смеси в бетоносмесителе [1].

Для поризации керамзитобетона пеной используют различные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Основными причинами, сдерживающими применение такого бетона, являются: недостаточная стабильность пены, обусловленная низким качеством традиционных пенообразователей; сложность их приготовления в условиях заводов ЖБИ; нерациональные составы бетона [2].

В связи с этим возникла необходимость в целенаправленных исследованиях по поиску эффективных пенообразователей и способов поризации керамзитобетонных смесей. ЧПУП «Белхимос» (г. Лепель) разработан пенообразователь на белковой основе, который был использован в работе в качестве ПАВ. На первом этапе работы исследованы показатели качества технической пены (ЧПУП «Белхимос», г. Лепель). Результаты исследований сведены в таблицу.

**Таблица – Показатели качества белкового пенообразователя ЧПУП «Белхимос» (г. Лепель)**

Концентрация сухого вещества в растворе пенообразователя ЧПУП «Белхимос», %	Стойкость пены, мин	Кратность пены	Коэффициент использования пены
1	более 120	25	0,83
2	более 120	26	0,83

Подбор состава керамзитопенобетона производили расчетно-экспериментальным путем с проведением опытных замесов. В составе пенобетона использовали цемент марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Красносельскстройматериалы». В качестве наполнителя использовали керамзитовый гравий (ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль») фракции 10–16 мм средней плотностью  $320 \pm 10 \text{ кг/м}^3$ .

Керамзитопенобетонную смесь получали согласно технологии, разработанной авторами [1], на первой стадии которой готовили цементное тесто. На второй стадии поризовали связующее, вводя в цементное тесто белковый пенообразователь ЧПУП «БелХимос» в оптимальном количестве. На третьей стадии в приготовленную пенобетонную смесь вводили предварительно насыщенный водой керамзитовый гравий при непрерывном смешивании в течение 60–90 с. Анализ литературных данных показал [1, 3], что наиболее эффективными добавками-ускорителями являются хлорид кальция и хлорид алюминия. Введение в состав керамзитопенобетона комплексной добавки, содержащей 1%  $\text{CaCl}_2$  и 1%  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  позволяет ускорить темпы набора прочности керамзитопенобетона. На основании выполненных исследований установлены основные физико-механические свойства экспериментальных образцов керамзитопенобетона, полученного на основе отечественного пенообразователя (ЧПУП «БелХимос»): марка по плотности D500, класс по прочности – В1, водопоглощение по массе – 16%, теплопроводность  $-0,101 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мордич, М.М. Технология и физико-механические свойства керамзитопенобетона для монолитного и сборного строительства / М.М. Мордич // Наука и техника. – 2019, Т. 18 (4). – С. 292–302.
2. Комиссаренко, Б.С. Керамзитопенобетон – эффективный материал для наружных ограждающих конструкций / Б.С. Комиссаренко // Известия ВУЗов. Строительство. – 2000. – № 1. – С. 2–7.

## ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ СВЯЗКИ ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Производство многих видов огнеупоров (шамотный, динасовый, корундовый, периклазовый, периклазохромитовый и др.) требует высокотемпературной обработки, что ввиду роста цен на топливо является их основным недостатком. В последнее время в связи с ужесточением требований по тепловым потерям в окружающую среду и расходу топлива активно ведутся разработки новых видов безобжиговых огнеупорных материалов на основе различных связок: жидкостекольных, фосфатных и т. д. [1]. Применение безобжиговых огнеупоров позволит снизить себестоимость изготовления огнеупорных материалов при сохранении высоких показателей эксплуатационных свойств [1].

Целью работы является получение алюмосиликатной связки и огнеупоров холодного отверждения на ее основе. Согласно ГОСТ 28874-90 безобжиговые огнеупоры состоят из огнеупорного наполнителя и связующей части. В качестве связующего использовали алюмосиликатную связку. Отвердителем служил гексафторсиликат натрия. В качестве заполнителя использовали порошок отработанного шамотного огнеупора.

На первом этапе исследований осуществлялся синтез алюмосиликатной связки, включающий приготовление 45%-ого раствора NaOH плотностью 1,48 г/см<sup>3</sup>, получение щелочного алюминатного раствора NaAl(OH)<sub>4</sub> путем растворения Al(OH)<sub>3</sub> в растворе NaOH и смешение щелочного алюминатного раствора с жидким стеклом в определенных соотношениях. При добавлении щелочного раствора алюмината натрия к жидкому стеклу происходит резкое снижение вязкости, т.к. повышение содержания щелочей в связке приводит к разрушению кремнекислородных связей в жидком стекле [2–3].

К безобжиговым огнеупорам предъявляется ряд требований: ускоренный рост прочности, высокая огнеупорность, сохранение достаточной прочности при нагревании, стойкость в агрессивных средах и др. [2].

В результате проведенных исследований определены основные физико-химические и вяжущие свойства связок с различным соотношением алюминатного раствора к жидкому стеклу. Основным свой-

ством вяжущего является способность схватываться и твердеть при достаточно низких температурах с образованием структур, сохраняющих свои прочностные характеристики при нагревании. Вяжущие свойства связок определяли по прочности на сжатие образцов, полученных с использованием наполнителя – порошка отработанного шамотного огнеупора.

Подобрано оптимальное соотношение связки и отвердителя (5-10%), обеспечивающее в дальнейшем получение огнеупорного материала с достаточной прочностью. Добавку кремнефторида натрия в соответствии со стехиометрическим отношением вводят в зависимости от содержания наполнителя, модуля и концентрации жидкого стекла. Результаты исследований приведены в таблице.

**Таблица – Вяжущие свойства связок**

Объемное соотношение алюминатного раствора к жидкому стеклу	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	
		1 сут	7 сут
20/80	1,47	4,1	5,0
25/75	1,48	3,2	6,3
30/70	1,49	4,3	5,7
40/60	1,51	–	–

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено оптимальное соотношение связка : отвердитель : порошок отработанного шамотного огнеупора. Определены основные физико-химические свойства синтезированной связки и прочностные характеристики огнеупора на его основе (в ранние сроки твердения).

Применение такого рода связующих позволит получать новые виды конкурентоспособных огнеупорных изделий, исключает высокотемпературный обжиг при изготовлении огнеупорных материалов, снижает себестоимость продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Харыбина, Ю.В. Безобжиговые муллитокорундовые огнеупоры на фосфатных связках / Ю.В. Харыбина, Я.Н. Питак, О.Я. Питак // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях, № 7(1050). – 2014. – С. 141–147.
2. Сычев, М.М. Неорганические клеи / М.М. Сычев // 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1986. – 152 с.
3. Кузьменков, М.И. Технология специальных цементов и композиционных материалов технического назначения / М.И. Кузьменков, Н.М. Шалухо // учеб. пособие для студентов.– Минск : БГТУ, 2014. – 257 с.

Студ. А.Д. Ратнер, С.Д. Шпак  
Науч. рук. зав. кафедрой А.А. Мечай  
(кафедра химической технологии вяжущих материалов, БГТУ)

## **КОМПОЗИТНЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕГИДРАТИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

Композиционный цемент – современный строительный материал, представляющий собой гидравлическое вяжущее, получаемое путем совместного тонкого помола портландцементного клинкера и гипса, а также различных минеральных добавок. Данный вид цемента целесообразно использовать для производства железобетонных изделий, когда большую роль играет прочность, долговечность, морозостойкость, отсутствие высолообразования на поверхности бетона.

Наиболее актуальным направлением разработок для улучшения данных технологических характеристик цемента и бетона на его основе является использование минеральных добавок (доменный гранулированный шлак, трепел, кварцевый песок, известняк, доломит и т.д.). Используемые в Беларуси минеральные добавки в основном импортируются из соседних стран. При этом доля добавочных цементов в общем объеме производства в Республике Беларусь составляет 5–7 %, что противоречит мировой технической политике в этой области. Так, в развитых странах Европейского союза доля добавочных цементов составляет 40–50 %, что позволяет снизить затраты топлива на обжиг энергоемкого клинкера, снизить выбросы парникового газа  $\text{CO}_2$  в атмосферу и уменьшить себестоимость продукции.

Одним из перспективных направлений развития производства композиционных цементов в Республике Беларусь является использование в их составе дегидратированных алюмосиликатных пород (глин, каолинов) и карбонатных пород (мел, известняк, доломит) в различных комбинациях. Данное направление активно развивается в странах Европейского союза, Китае, США.

Результаты проведенных нами исследований показали, что дегидратированные при температуре 600–800 °С алюмосиликатные породы обладают довольно высокой пуццолановой активностью (60–100 мг  $\text{CaO}/1$  грамм добавки), что позволяет снизить образование высолов на поверхности бетона и повысить его коррозионную стойкость, в том числе морозостойкость.

Благодаря пуццолановой активности активные аморфные дегидратированные алюмосиликаты уже при комнатных температурах активно взаимодействуют с выделяющимся при гидролизе алита гидрок-

сидом кальция, а также с гидроксидами щелочных металлов, которые находятся в качестве примесных элементов в структуре клинкерных минералов. При этом образуются нерастворимые гидроалюмосиликаты кальция, калия и натрия, что препятствует миграции на поверхность бетона  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и щелочных соединений.

Использование в качестве добавки в цемент карбонатных пород приводит к образованию гидрокарбоалюмината кальция ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$ ) в результате взаимодействия гидроалюмината кальция и  $\text{CaCO}_3$  в процессе гидратации цемента. Образование данного соединения способствует дополнительному уплотнению структуры твердеющего цементного камня за счет роста призматических кристаллов, являющихся аналогами кристаллов этtringита.

Результаты исследований, проведенных нами на кафедре, показали возможность замены указанными добавками 20–30 % цементного клинкера при сохранении прочностных характеристик, в том числе в раннем возрасте твердения. При этом сохраняются те же показатели по стандартной консистенции и срокам схватывания.

В результатах выполнения работы выразили заинтересованность предприятия, входящие в состав Белорусской цементной компании. Предварительные расчеты показали: снижение себестоимости композитного портландцемента на 5–7 %, что повысит его конкурентоспособность на внутреннем и внешних рынках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мечай, А.А., Матвиец, А.А. Получение карбонатного портландцемента с использованием термообработанного доломита // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганич. в-в. Вып. XIV. – Мн., 2006. – № 9–10. – С. 62–63.
2. Кирсанова, А.А. Особенности гидратации и твердения цементных бетонов с добавками-модификаторами, содержащими метакаолин / А.А. Кирсанова, Ю.В. Ионов, А.А. Орлов, Л.Я. Крамар // Цемент и его применение. – 2015. – № 2. – С. 130–135.
3. Fernandez R., Martirena F., Scrivener K.L. The Origin of the Pozzolanic Activity of Calcined Clay Minerals: A Comparison between Kaolinite, Illite and Montmorillonite // Cement and Concrete Research. 2011. Vol. 41. Issue 1. P. 113–122.
4. Тонгбо С. Производство цемента на основе известняка и кальцинированной глины (LC3) в Китае / С. Тонгбо // ALITinform. – 2019. – № 2. – С. 12–20.

## **АВТОКЛАВНЫЙ ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН С АРМИРОВАННОЙ ВОЛОКНАМИ СТРУКТУРОЙ**

Микроармирование структуры автоклавного ячеистого бетона различного вида волокнами позволяет повысить его прочность и обеспечивает возможность снижения расхода дорогостоящих компонентов в составе сырьевых смесей при сохранении высокого уровня физико-механических свойств готовых изделий. Анализ литературных данных показал, что в качестве добавок, обеспечивающих микроармирование структуры бетона, могут использоваться следующие виды волокон: стальное, стеклянное, асбестовое базальтовое, целлюлозное, синтетическое, углеродное и др. Фибробетон отличается высокой прочностью, морозостойкостью, трещиностойкостью, обеспечивает повышенную эксплуатационную надежность конструкций при воздействии агрессивной среды за счет улучшения структуры бетона [1–2].

Целью работы являлось исследование влияния микрофибры различной природы на основные физико-механические свойства автоклавного ячеистого бетона. Дозировка ее в составе сырьевых смесей, рассчитанных на получение бетона с марками по плотности D400–D500, составляла 0,2–0,7 % от массы цемента. Микрофибра вводилась в лабораторных условиях на стадии помола песчаного шлама. Установлено, что использование микрофибры в составе ячеистобетонных смесей позволило получить бетон с повышенной прочностью. Максимальной прочностью по сравнению с контрольными обладают образцы с дозировкой фибры 0,3–0,5 % от массы цемента (увеличение прочности в 1,3–1,35 раза). Предварительные исследования показали эффективность и целесообразность использования микрофибры различной природы в составе ячеистого бетона автоклавного твердения с целью направленного улучшения его структуры и физико-механических свойств.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Клюев, С.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик // Бетон и железобетон. – 2011. – № 3. – С. 24–28.
2. Волков, И.В. Фибробетон состояние и перспективы применения в строительных конструкциях / И.В. Волков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 5. – С. 24–25.

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ БЕТОНА**

Модифицированный бетон – это бетон нового поколения. В современной технологии изготовления бетона добавки стали неотъемлемым компонентом бетонной смеси, поскольку их использование позволяет достичь положительного технико-экономического эффекта и повысить долговечность бетонных конструкций. Несмотря на то что доля добавки в бетонной смеси невелика, она, влияя на химические процессы гидратации и твердения цемента, обеспечивает повышение его технологических и улучшение комплекса физико-механических свойств. Наиболее перспективным направлением разработок является использование комплексных добавок, так как монодобавки, кроме положительного, могут оказывать и отрицательное влияние на свойства бетонов и растворов.

В Беларусь комплексные химические добавки импортируются из Китая, Чехии, США, Германии и других стран, так как отечественное производство химических добавок практически отсутствует. Однако импортные добавки имеют высокую стоимость, поэтому они не получили широкого распространения.

Таким образом, целью исследования является разработка комплексной химической добавки на основе солей низкомолекулярных органических кислот.

Для проведения исследований изготавливались образцы-кубы из цементно-песчаного раствора. Использовался цемент марки ПЦ 500-Д0 (ОАО «Красносельскстройматериалы»). Водоцементное отношение 0.42. В качестве контрольных использовались образцы без добавок. В возрасте 28 суток определяли сроки схватывания, предел прочности при сжатии, морозостойкость и водопоглощение.

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что оптимальным составом комплексной химической добавки является 0,7-0,9% С-3 и 0,3-0,5% СФК. Введение указанной добавки в состав бетонной смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии на 18-29%, снижению водопоглощения на 10-15%, повышению предела прочности при сжатии после 30 циклов попеременного замораживания и оттаивания в 2-3 раза по сравнению с контрольным образцом.

Вып. И.М. Азаренко  
 Науч. рук. доц. Ю.А. Климош  
 (кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА БЕЛАРУСИ – ОСНОВА СЫРЬЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОРИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рациональная переработка горных пород является актуальной задачей, решение которой способствует расширению минерально-сырьевой базы республики и улучшению экологической ситуации за счет утилизации образующихся некондиционных отходов дробления. Кристаллический фундамент Беларуси представлен гранитоидными породами (Микашевичское месторождение Брестской обл.), базальтами (Новодворское месторождение Пинского участка) и диабазами (Диабазовое месторождение Житковичского горста). По химическому составу (таблица), указанные породы являются перспективной сырьевой основой для получения пористых теплоизоляционных материалов.

**Таблица – Химический состав магматических пород**

Порода	Содержание оксидов, мас. %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO+ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+ Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mn O	ппп
Гранитоидная	61,64	14,86	4,38	3,32	8,94	2,52	0,93	0,35	0,19	2,87
Диабазовая	45,54	14,84	7,78	9,43	11,3	4,67	0,59	0,20	0,42	5,23
Базальтовая	46,11	11,49	5,0	7,87	14,0	4,30	1,74	0,31	–	9,18

Качественный состав сырьевых композиций пористых теплоизоляционных материалов представлен системой компонентов «магматическая порода – глина – карбид кремния – карбоксиметилцеллюлоза – вода». Установленные закономерности формирования пористой структуры и изменения физико-химических свойств образцов во взаимосвязи с составом и технологическими параметрами обеспечили получение пористых материалов с заданной объемной и насыпной плотностью (650–700 и 400–500 кг/м<sup>3</sup> соответственно), коэффициентом теплопроводности 0,075–0,085 Вт/м·К, водопоглощением 10,3–13,8 %, механической прочностью при сжатии 2,0–2,2 МПа и морозостойкостью более 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Таким образом, экспериментально подтверждена возможность и целесообразность использования магматических пород –гранитоидов, базальтов и диабазов в качестве приемлемого сырьевого объекта для получения пористых теплоизоляционных материалов.

## КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Как известно, предприятиями машиностроительного комплекса для термической обработки металлов, литья заготовок, закалки изделий широко применяются печи периодического действия, футерованные термостойкими керамическими материалами. Такие изделия имеют ограниченный ресурс применения и являются предметом импорта. Наиболее применимыми из них являются керамические, на основе волластонита и кордиерита. В настоящей работе осуществлялся синтез керамики на основе нескольких систем сырьевых материалов.

Изготовление опытных образцов осуществлялось полусухим прессованием. Компоненты подвергались совместному мокрому помолу в микрошаровой мельнице. Опытные образцы в виде цилиндров прессовались из пресс-порошков с влажностью 7–8 % на гидравлическом прессе при давлении 10–25 МПа, затем подвергались сушке в сушильном шкафу. Обжигались в лабораторной печи в интервале температур 1100–1200 °С с выдержкой при максимальной температуре в течении 1 ч.

В качестве сырьевых компонентов первой системы (волластонита) были выбраны: волластонит Босагинского месторождения, глина Латненского месторождения, мел Волковыский, вермикулит и маршалит. Общая усадка керамики составила от 2,0 до 5,0 %. Образцы обладали следующими характеристиками: водопоглощение – 42,1–46,2 %, кажущаяся плотность – 1140–1650 кг/м<sup>3</sup>, открытая пористость – 50,4–56,8 %, температурный коэффициент линейного расширения –  $(5,5–9,3) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Качественный фазовый состав образцов представлен в основном волластонитом, незначительным количеством кварца и примесями алюмосиликатов кальция и натрия.

Для получения керамики на основе кордиерита в качестве исходных сырьевых материалов использовались следующие компоненты: глина «Керамик-Веско», технический глинозем, дунит, карбонат лития (сверх 100 %). Образцы керамики обладали следующими характеристиками: водопоглощение – 19,5–26,7 %, кажущаяся плотность – 1656–1752 кг/м<sup>3</sup>, открытая пористость – 34,2–41,1 %, температурный коэффициент линейного расширения –  $(0,12–1,70) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Качественный фазовый состав образцов, обожженных при оптимальной температуре, представлен в основном кордиеритом и сподуменом, незначительном количестве кварц, шпинель, корунд, муллит, форстерит.

Студ. А.В. Гаргун, И.Н. Казакова  
Науч. рук. доц. к.т.н. И.М. Терещенко  
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## **ПОЛУЧЕНИЕ ОСАЖДЕННОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Дисперсный диоксид кремния – один из важнейших компонентов, обеспечивающих получение легких, прочных, качественных цветных резин для изготовления шин, подошв в обуви, прорезиненных тканей, изделий санитарии, гигиены и др. В то же время он является практически единственным усиливающим наполнителем в производстве силиконовых эластомеров.

Кроме того, синтетический диоксид кремния находит применение в производстве зубных паст, в качестве добавки и вспомогательного вещества в пищевой и фармацевтической промышленности, в компьютерной и медицинской технике, катализаторов и адсорбентов.

Белая сажа представляет собой диоксид кремния, который получается осаждением из раствора силиката натрия (жидкого стекла) кислотой (соляной в РФ и серной за рубежом), с последующей фильтрацией, промывкой и сушкой.

В работе изучена возможность получения осажденного высокодисперсного диоксида кремния на основе промышленных силикатов натрия, а также получаемых на кафедре технологии стекла и керамики на основе кремнегеля – отхода производства фтористого алюминия.

Для получения нанодисперсного кремнезема, был принят за основу способ производства, предусматривающий осаждение дисперсного  $\text{SiO}_2$  из раствора жидкого стекла серной кислотой с последующими отделением осадка от маточного раствора (фильтрация), промывкой, сушкой и измельчением. Следует отметить простоту технологического цикла, отсутствие сложного оборудования, что положительно сказывается на себестоимости конечного продукта.

Установлено, что на стадии осаждения свойства конечного продукта (удельная поверхность адсорбции, размеры частиц  $\text{SiO}_2$ , уплотняемость, рН, влажность, маслосъемность и др.) варьируются за счет изменения состава и концентрации реагентов, температуры и скорости перемешивания, продолжительности синтеза и др. Условия фильтрации, сушки (в особенности) и измельчения продукта также существенно влияют на его качество.

Сравнение по химическому составу и удельной поверхности (таблица 1) «белой сажи», синтезированной из промышленных рас-

творов силикатов натрия (1) и «белой сажи» на основе жидкого стекла, производимого из исходного (2) и очищенного (3) кремнегеля, низкотемпературным синтезом.

**Таблица 1 – Химический состав осажденного диоксида кремния**

№пр	Содержание компонентов, мас. %							Уд пов. м <sup>2</sup> /г
	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	F <sup>-</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Иное	
1	1,12	0,80	0,98	96,83	–	0,09	0,18	220
2	1,29	1,08	1,6	93,00	2,88	–	0,15	215
3	1,055	0,9695	0,1	96,92	0,48	–	0,4755	270

Анализируя полученные данные, установлено, что «белая сажа», синтезированная на основе промышленного жидкого стекла и жидкого стекла из кремнегеля соответствует осажденному диоксиду кремния типа HDS.

Химический состав «белой сажи», а именно наличие примесных компонентов, в первую очередь определяется составом жидкого стекла, из которого происходит осаждение.

Получаемый в лабораторных условиях продукт характеризуется следующими свойствами: внешний вид – белый порошок; влажность – 3–4 %; удельная поверхность (БЭТ) – 240–270 м<sup>2</sup>/г; сорбционный объем – 0,78–0,82 см<sup>3</sup>/г; потери при прокаливании – 6,5 %; рН вытяжки – 6,3; массовая доля SiO<sub>2</sub> 98,3 %; содержание железа – 0,04 %; остаток на сите более 75 мкм – до 14 %, фракция менее 0,20 мкм – до 12,5 %.

Расчитанные экономические данные показывают, что при объеме производства 4322,2 т/год полная себестоимость единицы продукции – 1614,09 руб/т, что в два раза ниже существующих аналогов.

УДК 611.11.01:537.86

Студ. А.Г. Сидоревич

Науч. рук. доц. М.В. Дяденко (кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКОЛ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Всемирной организацией здравоохранения электромагнитное излучение (ЭМИ) отнесено к одному из видов энергетического загрязнения окружающей среды. Основными механизмами защиты от ЭМИ являются отражение, поглощение и многократное отражение СВЧ-излучения. Для защиты от электромагнитного излучения используются радиопоглощающие и радиозащитные материалы.

Радиозащитные материалы представляют собой материалы, в высокой степени поглощающие ионизирующее излучение и используемые при защите людей от его воздействия. Радиозащитный материал

отражает или поглощает СВЧ-излучение за счет частичного или полного преобразования энергии электромагнитного поля в тепловую либо электрическую.

Целью работы является разработка составов и технологии получения стекол для защиты от электромагнитного излучения на основе системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{PbO}-\text{V}_2\text{O}_3$ . Ослабление такого излучения зависит в основном от уровня диэлектрических потерь, величина которых определяется содержанием в стекле оксидов-модификаторов с низкой силой поля по Дитцелю.

Выбор данной системы обусловлен тем, что в ней присутствуют оксиды щелочных элементов, которые способствуют ослаблению электромагнитного излучения СВЧ-диапазона, так как они обеспечивают повышение диэлектрических потерь за счет образования неомстиковых атомов кислорода.

Синтез опытных стекол осуществлялся в электрической печи периодического действия при максимальной температуре  $(1000 \pm 20)^\circ\text{C}$ .

Определение температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) осуществлялось dilatометрическим методом, по результатам которого установлено, что данный показатель изменяется в пределах  $(104-146) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . Для получения стекол с минимальной величиной ТКЛР наиболее оптимальной является область стекол, включающая в своем составе 20–25 % ZnO.

Радиофизические свойства (показатель ослабления, коэффициент стоячей волны) опытных стекол оценивались волноводным методом в диапазоне 1–3 ГГц, по результатам которого установлено, что показатель ослабления электромагнитного излучения СВЧ-диапазона опытных стекол изменяется от 0,48 до 2,90 дБ/мм, коэффициент стоячей волны – в пределах от 0,33 до 1,13 дБ/мм, а тангенс угла диэлектрических потерь – от 0,30 до 3,10.

Все опытные стекла характеризуются относительно малыми отклонениями по показателю ослабления и КСВ в разрезе постоянных значений частот ГГц: 1,84; 2,28; 2,52 и 2,98, поэтому выбор оптимальной области составов стекол в данном случае осуществлялся комплексно по величине тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 1,84 ГГц, показателю ослабления и КСВ. Области оптимальных составов стекол включают, %: 1) 15  $\text{V}_2\text{O}_3$ ; 10–20 ZnO; 2) 55 PbO; 15–30  $\text{V}_2\text{O}_3$ .

По результатам исследований тепло- и электрофизических характеристик в качестве оптимального определено стекло, включающее, %: 10  $\text{R}_2\text{O}$  при соотношении  $\text{ZnO}/(\text{PbO}+\text{V}_2\text{O}_3)$ , равном 0,2. Выбор

стекла оптимального состава обусловлен достижением не только максимального уровня электрофизических характеристик, но и возможностью получить стекло с максимально возможной устойчивостью к кристаллизации. Однако стекло указанного состава характеризуется достаточно высокой величиной ТКЛР, что требует некоторой корректировки состава в сторону снижения ТКЛР, при сохранении уровня электрофизических характеристик. В соответствии с этим проведено модифицирование оптимального состава стекла системы  $K_2O-Na_2O-ZnO-PbO-B_2O_3$  путем частичной замены  $PbO$  на  $Bi_2O_3$  в количестве от 2 до 10 %.

Установлено, что увеличение содержания оксида висмута от 2 до 10 % обуславливает уменьшение ТКЛР. Данный факт вызван тем, что указанная замена способствует упрочнению структуры стекла и, как результат, снижению величины ТКЛР: увеличивается доля более прочных связей  $Bi-O$  (252 кДж/моль), чем связь  $Pb-O$  (151 кДж/моль).

Требуемый уровень электрофизических характеристик модифицированных составов стекол достигается при соотношении в их составе  $PbO/Bi_2O_3$ , составляющем 9.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что для получения стекол, значительно ослабляющих электромагнитное излучение и отвечающих в максимальной степени предъявляемым к ним требованиям, могут быть использованы составы стекол системы  $K_2O-Na_2O-ZnO-PbO-B_2O_3-Bi_2O_3$  в которых массовое соотношение  $PbO/Bi_2O_3$  составляет 9,0.

УДК 666.3-13

Студ. Е.А. Лицкевич

Науч. рук. ассист. А.Н. Шиманская

(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК $Nb_2O_5$ , $SnO_2$ , $Mo_2O_3$ , $MnO_2$ , $WO_3$ , $CoO$ , $ZrO_2$ НА СПЕКАНИЕ И СВОЙСТВА ТЕРМОСТОЙКОСТИ ЛИТЬЕВОЙ КЕРАМИКИ**

Целью настоящего исследования является установление влияния оксидов  $Nb_2O_5$ ,  $SnO_2$ ,  $Mo_2O_3$ ,  $MnO_2$ ,  $WO_3$ ,  $CoO$  и  $ZrO_2$  на физико-химические свойства и особенности структуро- и фазообразования термостойких материалов, полученных в системе  $Li_2O-Al_2O_3-SiO_2$ . В качестве сырьевых материалов использовалась огнеупорная глина, каолин, карбонат лития и песок кварцевый. Пределы содержания компонентов подбирались таким образом, чтобы соотношение оксидов  $Li_2O$ ,  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  соответствовало области кристаллизации сподумен-

на. Вышеуказанные оксиды в состав керамической массы вводились в количестве 1,5 и 3,0 мас.% сверх 100 %.

Образцы термостойкой керамики изготавливались по технологии полусухого прессования со шликерной подготовкой массы. Обжиг образцов производился в электрической лабораторной печи SNOI 1,6,2,5.1/13,5-У1 (Литва) при  $(1175-1250)\pm 10$  °С с выдержкой при максимальной температуре – 1 ч.

Результаты определения физико-химических свойств полученных в данном температурном интервале образцов термостойкой керамики представлены в таблице.

**Таблица – Физико-химические свойства опытных образцов**

Вид используемой добавки / количество, мас.%	Водопоглощение, %	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	Механическая прочность при изгибе, МПа	Температурный коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^6$ , К <sup>-1</sup>
Без добавки	20,11–24,76	1482–1560	5,6–8,8	0,57–1,02
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /1,5	14,79–23,96	1494–1678	7,7–15,5	0,57–0,69
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /3,0	15,61–25,30	1476–1676	4,8–10,9	0,63–0,82
SnO <sub>2</sub> /1,5	15,57–25,09	1470–1627	8,8–13,9	0,63–0,92
SnO <sub>2</sub> /3,0	18,74–24,77	1474–1577	9,3–13,7	0,50–1,08
Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /1,5	27,24–30,87	1368–1430	2,7–4,3	0,37–1,28
Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /3,0	25,13–31,41	1369–1465	4,3–5,0	0,25–0,62
MnO <sub>2</sub> /1,5	23,62–24,25	1487–1549	8,2–12,0	0,65–0,70
MnO <sub>2</sub> /3,0	22,79–24,20	1500–1546	7,2–9,7	0,70–0,76
WO <sub>3</sub> /1,5	23,15–29,93	1387–1504	3,1–7,4	0,47–0,55
WO <sub>3</sub> /3,0	19,61–27,83	1432–1603	8,3–14,3	0,53–0,59
CoO /1,5	17,67–22,57	1523–1594	10,0–15,8	0,51–0,74
CoO /3,0	16,04–20,12	1569–1606	9,7–16,5	0,73–0,76
ZrO <sub>2</sub> /1,5	19,98–23,84	1489–1633	6,3–13,5	0,54–0,73
ZrO <sub>2</sub> /3,0	19,72–22,80	1518–1635	7,8–16,7	0,56–0,74

Исследование термической стойкости керамических материалов показало, что образцы термостойкой керамики без добавок, с добавками 3 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SnO<sub>2</sub> и WO<sub>3</sub> выдержали 35 термоциклов (15–800 °С) без появления дефектов; а 3 % CoO, MnO<sub>2</sub>– 50 термоциклов, составы, включающие 3 % ZrO<sub>2</sub> и Mo<sub>2</sub>O<sub>3</sub>– 38 и 42 термоциклов соответственно.

Рентгенофазовый анализ показал наличие таких кристаллических фаз, как β-сподумен (LiAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), алюмосиликат лития (LiAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), β-кварц (β-SiO<sub>2</sub>), а также кристаллов Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> в образце оптимального состава. Причем количество β-сподумена возрастает с повышением температуры от 1200 до 1250 °С, а β-кварца уменьшается, что связано с его плавлением. Следует отметить, что добавка оксида кобальта (II) способствует увеличению количества β-сподумена, что объясняет более низкие значения ТКЛР и высокую термостойкость полученных образцов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТМЫВКИ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ ОТ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ОСАЖДЕНИИ Ni<sup>2+</sup> ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ

В предыдущих исследованиях [1] была показана перспективность получения из отработанных растворов химического никелирования (ОРХН) пигментов. Исходя из составов существующих никельсодержащих пигментов и необходимости наиболее полного извлечения ионов Ni<sup>2+</sup> из ОРХН, в качестве осадителя был выбран гидроксид натрия. При его добавлении образуется гидроксид никеля зеленого цвета, произведение растворимости которого составляет  $2 \cdot 10^{-15}$ . Однако, для получения пигмента осадок гидроксида должен быть отмыт от водорастворимых соединений. Отмывку осуществляли дистиллированной водой методом декантации с последующим фильтрованием осадка. Отмывка осадка проводилась до общего содержания соответствующего содержания в питьевой воде (226 мг/л) (таблица).

**Таблица – Солесодержание в промывочных водах**

Номер промывки	Объем воды на промывку, мл	Общий объем промывочной воды, мл	Солесодержание, мг/л
1	100	100	19570,0
2	100	200	6039,0
3	100	300	1920,0
4	100	400	568,2
5	100	500	218,1

Из таблицы видно, что для отмывки осадка требуется пять прямых промывок. Таким образом, для получения 1,74 г пигмента потребовалось 500 мл дистиллированной воды. Снизить расход воды можно, используя противоточную промывку.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Залыгина, О.С. Снижение загрязнения поверхностных вод ионами никеля путем переработки отработанных электролитов химического никелирования / О.С. Залыгина, А.А. Ковалева // Материалы докладов Международной научной экологической конференции «Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития». – Краснодар: КГАУ, 2020. – С.337-340.

## **МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТА ИЗ ОТРАБОТАННОГО РАСТВОРА ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ**

Отработанные растворы химического никелирования (ОРХН) представляют собой жидкий отход производства, который характеризуется высокой концентрацией ионов  $Ni^{2+}$ . Учитывая хромофорные свойства соединений никеля, нами было предложено получение из ОРХН никельсодержащего пигмента зеленого цвета. Технологическая схема получения пигмента включает в себя следующие стадии: осаждение  $Ni^{2+}$  гидроксидом натрия, фильтрование, отмывка образовавшегося гидроксида никеля от водорастворимых соединений, обезвоживание полученного осадка, сушка, измельчение.

Для определения расходных коэффициентов был составлен материальный баланс получения пигмента из ОРХН. Расчет производился на 1  $дм^3$  отработанного раствора химического никелирования плотностью 1,13  $г/см^3$ . Расчет необходимого количества реагентов для переработки производился в соответствии с установленными ранее условиями осаждения  $Ni^{2+}$  гидроксидом натрия [1]. Влажность осадка после фильтрации принималась равной экспериментальной (86,0%). Необходимый объем воды для промывки был установлен опытным путем. Расчет производился отдельно для каждой стадии технологического процесса. Были составлены материальные балансы стадии осаждения, фильтрации, отмывки образовавшегося осадка от водорастворимых примесей, фильтрации после промывки, сушки.

В результате расчетов было установлено, что при переработке 1  $дм^3$  отработанного раствора химического никелирования можно получить 17,4 г пигмента. Для получения 1 кг зеленого никельсодержащего пигмента потребуется 57,4  $дм^3$  ОРХН, 20,6 кг гидроксида натрия и 159  $дм^3$  воды.

Таким образом, ОРХН могут рассматриваться как ценный вторичный материальный ресурс и использоваться для получения пигментов, производство которых в Республике Беларусь отсутствует.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ковалева А.А. Определение условий осаждения ионов  $Ni$  (II) из отработанных электролитов химического никелирования // Сборник научных работ 70-ой научно-технической конференции студентов и магистрантов. – Часть 2 – Минск: БГТУ, 2019. – С. 362-366.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ЛОС**

Летучие органические соединения (ЛОС) выбрасываются в различных технологических процессах. Чаще всего они образуются при нанесении лакокрасочных покрытий. В настоящее время очистка от них практически на всех предприятиях отсутствует.

Существуют различные методы очистки от ЛОС: адсорбция, абсорбция, биологический метод, термический, термокаталитический.

Сорбционные методы очистки наиболее применимы для производств, имеющих возможность регенерации сорбента и дальнейшего использования десорбированных загрязняющих веществ. Экономически выгодным будет использование этих методов для очистки больших объемов выбросов, характеризующихся большими концентрациями загрязняющих веществ, для очистки моно- или бикомпонентных газозагрязнённых выбросов.

Биохимические методы очистки требуют дополнительных затрат на поддержание жизнедеятельности микроорганизмов и приводят к образованию избыточной биомассы, переработка которой представляет собой достаточно сложную и трудоемкую задачу.

Применение установок термического окисления целесообразно при высокой загрязнённости газозагрязнённых выбросов, т. к. высокие концентрации загрязнителей обеспечивают возможность автотермального режима работы аппаратов и, как следствие, минимизируют затраты на очистку. Как и сорбционные установки, более применимы для очистки больших объемов воздуха.

При низкой концентрации загрязняющих веществ для реализации термических методов очистки требуется дополнительный расход топлива. Это приводит к увеличению затрат на очистку, а также к образованию дополнительных количеств оксидов азота и углерода, т.е. к вторичному загрязнению атмосферного воздуха.

Установки термокаталитического окисления способны работать при низких концентрациях загрязняющих веществ и малых расходах загрязнённого воздуха. Использование катализаторов позволяет снизить температуру обезвреживания выбросов. В последнее время наиболее перспективными являются такие разновидности термокаталитических установок как плазмокатализаторы и газоразрядно-катализаторы.

**ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СКОПА**

Скоп – это осадок сточных вод при производстве бумаги и картона. В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь, скоп относится к 4 классу опасности.

На предприятиях по производству картона и бумаги скоп является основным отходом производства. Он образуется в больших количествах и почти не перерабатывается, а хранится на территории предприятий. Вместе с тем существуют различные способы его переработки, основными из которых являются: рециркуляция скопа, его биокompостирование, сжигание, использование в производстве стройматериалов, для производства сорбентов.

Поскольку скоп содержит в своем составе короткое волокно, введение его в бумажную композицию негативно скажется на прочностных свойствах готовой продукции. Поэтому его рециркуляция возможна только при одновременном использовании упрочняющих добавок и только в ограниченном количестве.

Специфические свойства скопа, а именно наличие в нем волокнистых материалов, затрудняет его компостирование. Возможно использование вермикомпостирования, т. е. переработка скопа в биокомпост с использованием дождевых червей. Однако, это достаточно сложный и длительный процесс.

Сжигание скопа позволяет получать тепловую энергию, однако при этом наблюдается вторичное загрязнение окружающей среды выбросами и отходами горения.

В промышленности стройматериалов скоп может использоваться в качестве выгорающей добавки, например, при производстве теплоизоляционных материалов и пористого кирпича.

Также возможно применение скопа в качестве сорбционного материала для очистки воды от нефти и нефтепродуктов. При этом достигается высокая скорость поглощения разлитой нефти, простота сбора и отделения от использованного адсорбента нефти с последующей утилизацией использованного сорбента.

Таким образом, различные направления переработки скопа имеют свои достоинства и недостатки, и выбор конкретного способа его переработки должен рассматриваться в каждом конкретном случае индивидуально в зависимости от свойств самого скопа и особенностей производства, на котором он образуется.

### **ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «КЕРАМИН» НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

ОАО «Керамин» является одним из крупнейших в Европе предприятий по производству строительных материалов. ОАО «Керамин» выпускает керамическую плитку для стен и пола, глазурованный и неглазурованный керамогранит, керамический кирпич и санитарную керамику. Продукция ОАО «Керамин» пользуется постоянным спросом как в Беларуси, так и за рубежом.

Вместе с тем ОАО «Керамин» оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Наибольшее воздействие ОАО «Керамин» оказывает на атмосферный воздух вследствие выброса различных загрязняющих веществ. Приоритетными загрязняющими веществами являются твердые частицы, оксиды азота и оксиды углерода. Твердые частицы выбрасываются от помольно-дробильного оборудования, сушильных барабанов, атомизаторов для обезвоживания шликера, при пересыпке и дозировании сырья. Оксиды азота и углерода образуются при сжигании топлива, в качестве которого на предприятии используется природный газ. Керамическое производство характеризуется наличием высокотемпературных процессов. Сжигание топлива имеет место при сушке сырьевых материалов, обезвоживании шликера, сушке и обжиге керамических изделий, варке фритты. Причем, если для очистки от твердых частиц на предприятии имеется газоочистное оборудование, очистка от оксидов азота и углерода ОАО «Керамин» отсутствует.

На ОАО «Керамин» образуются три вида сточных вод: хозяйственно-бытовые, поверхностные и производственные. Производственные сточные воды в основном загрязнены взвешенными веществами полидисперсного состава. На предприятии имеются очистные сооружения сточных вод, которые позволяют большую часть очищенных вод вернуть в технологический процесс. Исключение составляют сточные воды от производства санитарно-технической керамики вследствие содержания в них мелкодисперсных примесей.

Основными видами отходов на предприятии является керамический бой и бой гипсовых форм, которые используются для формирования санитарной керамики.

Также предприятие оказывает параметрическое воздействие на окружающую среду: шум, вибрация, тепловое загрязнение.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

В настоящее время гальваническое производство реализовано более чем на 140 предприятиях Республики Беларусь. Гальванические покрытия выполняют защитно-декоративные функции и используются во многих отраслях промышленности – машиностроении, приборостроении, радиотехнике и др.

Гальваническое производство является весьма водоемким, т.к. при нанесении покрытий электрохимическим методом используется большое количество промывок. Следовательно, образуется большое количество промывных сточных вод, которые поступают на очистные сооружения. На большинстве предприятий Беларуси для их очистки используются такие методы, как реагентный, электрокоагуляция или гальванокоагуляция. В результате образуются осадки сточных вод, которые обычно хранятся на территории предприятий, создавая угрозу загрязнения почвы и подземных вод ионами тяжелых металлов.

Кроме осадков сточных вод на гальваническом производстве также образуются жидкие отходы, а именно отработанные технологические растворы, среди которых наиболее опасными для окружающей среды являются отработанные электролиты, т.к. характеризуются высокими концентрациями ионов тяжелых металлов, которые обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Отработанные технологические растворы образуются периодически и в гораздо меньших количествах, чем промывные сточные воды. Однако, концентрация загрязняющих веществ в них гораздо выше, что обуславливает их высокую экологическую опасность.

При нанесении электрохимических покрытий на дне гальванической ванны также образуется гальваношлам, который в основном состоит из соединений железа, т.к. покрытия, как правило, наносятся на стальные детали.

В настоящее время все перечисленные отходы производства не находят широкого применения. Вместе с тем они являются ценным вторичным сырьем и могут быть использованы для получения товарной продукции. Осадки сточных вод гальванического производства могут использоваться в производстве стройматериалов (керамического кирпича, керамзитового гравия), отработанные электролиты и гальваношламы – для производства пигментов.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ДЕТАЛИ**

Лакокрасочные материалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в первую очередь, машиностроении и приборостроении. Это обусловлено как улучшением внешнего вида готовых изделий после нанесения на них лакокрасочного покрытия, так повышением защитных характеристик поверхности продукции при воздействии факторов окружающей среды.

Цель работы – определить основные виды воздействия на окружающую среду процесса нанесения лакокрасочного покрытия на металлические детали.

Установлено, что в процессе нанесения лакокрасочного покрытия на детали происходит значительное воздействие на атмосферный воздух, главным образом, за счет выброса летучих органических веществ (ЛОС), входящих в состав лакокрасочных материалов (ЛКМ). Согласно [1] не допускается превышение значений норм выбросов ЛОС при нанесении покрытия на металлические поверхности:

- предельные значения норм выбросов для стационарных организованных источников выбросов (ПЗВ<sub>о</sub>) – 50 мг/м<sup>3</sup> для сушки, и 75 мг для нанесения покрытий;

- предельные значения норм выбросов для неорганизованных источников выбросов (ПЗВ<sub>н</sub>) – не более 20 % от исходного количества растворителя по весу;

- или общее предельное значение норм выбросов (общее ПЗВ), т.е. суммарные выбросы от неорганизованных и организованных источников выбросов – не более 0,375 кг ЛОС на кг используемого твердого компонента.

Основное количество сточных вод образуется на стадии подготовки поверхности детали к окраске.

В процессе нанесения лакокрасочного покрытия происходит образование отходов ЛКМ. Норматив образования отходов ЛКМ составляет до 25,0 кг/т используемых исходных материалов [1].

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18.07.2017 г. № 5-т.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МЕБЕЛИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Производство мебели относится к числу быстроразвивающихся отраслей деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь. Так, в 2018 году согласно статистическим данным [1] в Республике Беларусь было произведено мебели на сумму 1 595,8 млн. рублей, что на 303,9 млн. рублей больше по сравнению с 2017 годом.

Цель работы – оценить воздействие производства мебели из древесины на окружающую среду.

Установлено, что наиболее значимым видом воздействия производства является влияние на атмосферный воздух. В процессе получения изделий из древесины в атмосферу выбрасывается значительное количество древесной пыли. Кроме этого, при отделке древесных материалов в составе выбросов присутствуют летучие органические соединения (ацетон, ксилол, бензол и др.). Согласно [2] в процессе нанесения лакокрасочных покрытий на мебель и древесные материалы норма выбросов летучих органических веществ должна составлять не более 60 г/м<sup>2</sup>.

Производство мебели характеризуется низким водопотреблением, что обусловлено особенностями технологического процесса.

При производстве образуется значительное количество древесных отходов. Нормативы образования отходов при производстве мебели составляют: обрезки пиломатериалов – 25-40 %, стружка древесная – 15–18 %, опилки древесные – 8-16 %, пыль шлифовальная – 0,5-1 % от объема сырьевых материалов [2]. Основная масса данных отходов находит применение в качестве сырья для изготовления других видов продукции (например, при производстве ДСП и ДВП), а также в качестве топлива.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Промышленность Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2019. – 199 с.

2. ЭкоНип 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18.07.2017 г. № 5-т.

## **ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Производство пищевых продуктов относится к числу важнейших отраслей промышленности любого государства. В 2018 году согласно [1] удельный вес сектора «Производство продуктов питания, напитков и табачных изделий» в общем объеме промышленного производства в Республике Беларусь составил 22,8 %.

Цель работы – определить особенности воздействия предприятий по изготовлению мясной продукции на окружающую среду.

Производство относится к числу водоемких отраслей промышленности. Вода должна соответствовать требованиям на воду питьевого качества. Вода в производстве используется при мойке технологического оборудования и сырья, как ингредиент сырьевых смесей и др.

Образующиеся сточные воды характеризуются, как правило, высокими величинами ХПК и БПК, что обусловлено наличием в воде жиров и масел. Особенностью сточных вод является присутствие в них патогенных микроорганизмов. В составе стоков содержатся также минеральные примеси, компоненты моющих средств.

В процессе изготовления мясной продукции образуются различные виды отходов (костное сырье, соединительная ткань, шкура). Значительное количество отходов используется в других отраслях промышленности: для производства клея, моющих средств, кормов для животных и др. Проблему составляют отходы упаковки продукции.

Существенными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются коптильные установки, при работе которых образуются дурнопахнущие выбросы.

Мясоперерабатывающие производства характеризуются потреблением значительного количества энергии, особенно на таких стадиях, как варка, пастеризация, копчение. Согласно [2] удельные расходы электроэнергии составляют 65-90 кВт·ч/т колбасных изделий.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Промышленность Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. – 199 с.

2. ИТС 44-2017. Производство продуктов питания. – М: Бюро НДТ, 2017. – 416 с.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛИТКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Согласно данным статистической отчетности [1] в 2018 году в Республике Беларусь были выпущены: изделия керамические санитарно-технические – 702,1 тыс. шт., керамические неогнеупорные строительные кирпичи – 200,6 млн. усл. кирп., плитки и плиты керамические – 28 368 тыс. кв. м<sup>2</sup> и др. В процессе осуществления производственной деятельности предприятия данной отрасли народного хозяйства оказывают воздействие на компоненты окружающей среды.

Цель работы – выявить основные виды воздействия производства керамической плитки на окружающую среду.

Особенностью данного производства является воздействие на окружающую среду уже в процессе добычи сырьевых ресурсов. При этом происходит вырубка древесно-кустарниковых насаждений, уничтожение мест обитания животных, изменение ландшафта местности и уровня подземных вод.

Данное производство относится к числу энергоемких видов. Основные затраты энергии приходятся на процесс сушки и обжига плитки, сушки исходного сырья. Согласно [2] на производство 1 т керамической плитки расходуется природного газа и электроэнергии в количестве 3,5-9,5 ГДж.

Удельное водопотребление составляет 0,35-0,42 т/т [2]. Основной объем производственных сточных вод образуется при промывке оборудования, обезвоживания масс, при мокрой шлифовке.

К отходам производства относится бой керамики.

Значительное воздействие производство оказывает на атмосферный воздух. Приоритетными загрязняющими веществами являются: твердые частицы, оксиды азота, оксиды углерода, диоксид серы. Выбросы указанных веществ происходят при подготовке сырьевых материалов, при сгорании топлива для получения тепла, необходимого для обжига плитки и др.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Промышленность Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. – 199 с.

2. ИТС 4-2015. Производство керамических изделий. – М: Бюро НДТ, 2015. – 222 с.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХОГО МОЛОКА**

Согласно [1] предприятия, имеющие производства по переработке молока и изготовлению молочных продуктов сменной мощностью переработки молока более 10 т имеют нормативный размер санитарно-защитной зоны 100 м, а сменной мощностью переработки молока до 10 т – 50 м.

Особенностью воздействия предприятий по производству сухого молока является значительное потребление тепловой и электрической энергии. Удельный расход энергоносителей составляет: электроэнергия – 0,177-0,562 кВт·ч/кг продукта; тепловая энергия (пар) – 2,02 кг/кг продукта [2]. Тепловая энергия расходуется на подогрев молока, его пастеризацию, сгущение и сушку. Электрическая энергия расходуется на работу технологического оборудования, систем вентиляции, освещения помещений и т.д.

Предприятия по производству сухого молока характеризуются значительным водопотреблением. Вода расходуется на мойку технологического оборудования, трубопроводов, получение пара, охлаждение продуктов и т.д. Удельный расход воды на получение 1 кг сухого молока составляет 39 л [2]. Большинство предприятий по производству молока имеют обратную систему водоснабжения, что позволяет существенно снизить количество потребляемой воды и образующихся сточных вод.

Образующиеся на предприятиях по производству молока сточные воды содержат в своем составе взвешенные и растворенные вещества, компоненты моющих средств, органические примеси.

Воздействие на атмосферный воздух данных производств связано с выбросами газообразных веществ (в первую очередь, оксидов азота и углерода, образующихся при сжигании топлива для получения теплоносителей), а также твердых частиц, выбрасываемых на стадиях сушки, просеивания и упаковки молока.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Об утверждении специфических санитарно-эпидемиологических требований // Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11.12.2019 г. № 847.

2. ИТС 45-2017. Производство напитков, молока и молочных продуктов. – М: Бюро НДТ, 2017. – 200 с.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ**

Гальваническое производство относится к числу видов производственной деятельности, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду. Воздействие данного производства во многом обусловлено видом используемых реагентов, входящих в состав технологических растворов, применяемых на стадиях подготовки поверхности и нанесения цинкового покрытия на детали.

Линии по нанесению цинкового покрытия на детали характеризуются значительным водопотреблением. Основное количество воды расходуется на промывку деталей. Вода используется также на приготовление технологических растворов.

Образующиеся в гальваническом производстве промывные сточные воды содержат в своем составе ионы тяжелых металлов, минеральные и органические примеси, входящие в состав технологических растворов, используемых на разных стадиях производства. Обычно, стоки подлежат локальной очистке с использованием реагентных или электрохимических методов, в процессе которой образуется значительное количество осадков сточных вод. Согласно [1] осадки сточных вод с влажностью 98–99,6 % при реагентном способе очистки могут составлять до 10%, при электрокоагуляционном способе очистки – до 12% от объема сточных вод. Класс опасности данных отходов третий [2]. Проблему составляют также отработанные технологические растворы и гальваношлам.

Воздействие на атмосферный воздух гальванических цехов обусловлено выделением аэрозолей и паров кислот, щелочей, солей из технологических ванн.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18.07.2017 г. № 5-т.

2. ОКРБ 021-2019. «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9.09.2019 г. № 3-Т.

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОДОК С ПОМОЩЬЮ ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА**

По оценкам многих экспертов, примерно половина алкогольной продукции, потребляемой странами СНГ, производится и импортируется нелегально. Самая распространенная причина, по которой фальсифицированный алкоголь получает распространение, это наличие синтетических спиртов, поскольку такие спирты обходятся гораздо дешевле натуральных. Газохроматографический метод анализа позволяет наиболее точно и быстро исследовать алкогольную продукцию на наличие синтетических спиртов, имитаторов этанола и др. [1, 2].

Цель работы: газохроматографическим методом провести анализ качества водок произведенных на ОАО «Гродненский ликёро-водочный завод». Суть газовой хроматографии – подвижная фаза находится в состоянии газа или пара – инертный газ (газ-носитель), а неподвижной фазой является высокомолекулярная жидкость, закрепленная на пористый носитель или на стенки длинной капиллярной трубки. Газохроматографическому методу анализа с помощью хроматографа Agilent 6890 провели по 5 анализов 3 видов водок: «Родны Кут. Асаблівая», «Щедры Хутор. Классическая», «Хлебный Край. Классическая». Продолжительность анализа составила 15–30 минут. Полученные хроматограммы анализировали на наличие примесей в пробе – массовой концентрации (в мг/дм<sup>3</sup>): уксусного альдегида, сивушного масла, сложных эфиров, а так же объемной доли метилового спирта (%).

Заключение: проведенный анализ показал – все пробы соответствуют СТБ 978-2003 [3]. Особенно следует отметить отсутствие в образцах метилового спирта.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бурачевский, И. И. Влияние примесей спирта на органолептическую оценку водочной продукции / И. И. Бурачевский. – Москва: Асар, 2011. – 75 с.
2. Беляцкая, О. Н. Экологически безопасные материалы для пищевых продуктов / Беляцкая, О. Н., Пешехонова, А. Л. – Минск: Инженерная экология, 1997. – С.42–51.
3. Водки. Общие технические условия: СТБ 978-2003 (с отменой на территории РБ СТБ 978-94) – Введ.12.06.2003. – Минск: Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации, 2003. – С.3-4.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЙВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ**

В современных условиях быстро развивающейся промышленно-сти, интенсификации хозяйственной деятельности и увеличения числа функционирующих промышленных объектов на территории Республики Беларусь все большее значение приобретают подходы к прогнозированию качества атмосферного воздуха. При проведении оценки воздействия на окружающую среду проектируемых объектов, установлении размеров санитарно-защитных зон используют программные средства, позволяющие осуществлять имитационное моделирование для описания рассеивания загрязняющих веществ.

Имитационные модели используют для того, чтобы предсказать поведение загрязняющих веществ в атмосфере и на основании этого принимать управленческие решения для минимизации вреда окружающей среды, жизни и здоровью людей.

В настоящее время разработано и используется множество моделей рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, среди которых: Гауссова модель, модель Пасквилла-Бригса, модель Сеттона, модель турбулентной диффузии, модель HYSPLIT, модель по методике ОНД-86 и др.

Модель Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT), разработанная Национальным управлением океанических и атмосферных исследований (США) совместно с Австрийским бюро метеорологии, находит широкое применение для расчета прямых и обратных траекторий, осаждения или рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Эта модель, в отличие от повсеместно используемой модели ОНД-86, применима к объектам любого масштаба – от нескольких десятков метров до дальнего переноса. Отличительной особенностью этой модели является то, что в ней используются метеорологические данные, полученные из краткосрочных прогнозов по стандартным численными моделями прогноза погоды.

Наиболее часто HYSPLIT используется для отслеживания и прогнозирования переноса выбросов радиоактивных веществ, вулканического пепла, дыма от пожаров и выбросов от стационарных и мобильных источников. С помощью программы на основании метода обратных траекторий возможно идентифицировать наиболее вероятные источники загрязнения атмосферы.

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ ВОЗВРАТНЫХ ПОТОКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ВИДЕ СТРУВИТА**

Биогеохимический цикл фосфора затрагивает все компоненты природной среды, оказывая особенно сильное влияние на плодородие почв, развитие растений и эвтрофирование водных объектов.

Значительное его количество проходит через очистные сооружения канализации. До одной третьей части в общую нагрузку по фосфору на очистные сооружения могут вносить возвратные потоки иловой воды из уплотнителей и иловых площадок, аэробной и анаэробной стабилизации и фугата обезвоживания осадков сточных вод.

На сегодняшний день известно более десяти технологий извлечения фосфора, основанные на образовании струвита ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ). Их достоинством является одновременное связывание азота и фосфора в виде продукта, который может быть использован в дальнейшем.

Целью работы был анализ основных факторов, влияющих на процесс образования струвита.

Процесс кристаллизации струвита включает зародышеобразование (нуклеация) и рост кристаллов. Время нуклеации зависит от рН раствора, энергии перемешивания, примеси и насыщение раствора. Скорость роста кристаллов определяется исходной концентрацией фосфатов, чем выше концентрация, тем выше скорость.

Помимо этого, выделяют следующие факторы, влияющие на кристаллизацию струвита:

1. Мольное соотношение Р:Мg. Для более высокой скорости удаления фосфора соотношение фосфата и магния должно составлять около 1:1–1,2 (сточные воды животноводства), и 1:1–1,4 (иловые воды после анаэробного сбраживания).

2. Значение рН воды. Наилучшее значение рН для образования струвита составляет 8–10.

3. Примеси. Так, например, присутствующие в воде ионы  $Cu^{2+}$  и  $Zn^{2+}$  способны снижать скорость нуклеации. Для уменьшения влияния примесей, как правило, иловые воды обрабатывают хлоридом железа и флокулянтами.

4. Затравочные кристаллы. Добавление затравочных кристаллов снижает время кристаллизации струвита.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ АТМОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Загрязнение атмосферного воздуха в настоящее время является одной из важнейших проблем современного мира. Для ее решения необходимо решить задачу одновременного контроля множества факторов, что само по себе достаточно дорого. Поэтому на основании многомерно анализа данных выделяют кластеры, в которые входят районы со схожими показателями воздействия на атмосферу. Данный анализ на региональном уровне имеет принципиально важное значение, поскольку позволяет: дать характеристики экологической ситуации в регионах; выделить группы районов схожих по экологическому положению; оценить положение регионов относительно друг друга; выявить аномальные регионы; выработать систему природоохранных мероприятий для каждой однородной группы регионов.

Целью работы было провести оценку районов Республики Беларусь по количеству удельному уловленных и выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на душу населения, используя методы кластерного анализа.

Для проведения кластерного анализа в исследование использовалась программа Statgraphics 18. Для предварительной оценки возможного числа кластеров использовали иерархический метод Варда. В дальнейшем кластеризацию проводили методом *k*-средних. В результате было показано, что на территории Беларуси можно выделить шесть кластеров, характеристики которых представлены в таблице.

**Таблица – Характеристики кластеров**

Номер кластера	Количество районов, вошедших в кластер, шт.	Доля от общего числа, %	Координаты центроидов кластеров	
			Удельная масса выбросов загрязняющих веществ, кг/чел*год	Удельное количество уловленных загрязняющих веществ на одного человека, кг/чел*год
1	34	28,8	75,7	357,4
2	4	3,4	86,3	445,2
3	29	24,6	74,8	363,7
4	21	17,8	79,5	580,7
5	27	22,9	77,2	348,8
6	3	2,5	79,2	4452,0

## СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ОТХОДОВ

Деятельность лабораторий связана с постоянным образованием опасных для окружающей среды токсичных отходов. Наиболее сложными по составу являются реактивы с истекшим сроком годности. Услуги по профессиональному сбору таких веществ, их транспортировке в полном соответствии с требованиями нормативно-правовых актов и правильному, безопасному использованию должна выполнять специализированная организация. Данная организация должна иметь специализированные контейнеры и транспортные средства, компетентный персонал, для того чтобы оказывать услуги по безопасному вывозу и правильному обезвреживанию или захоронению опасных отходов деятельности химических лабораторий. Она должна контактировать со специализированными предприятиями и полигонами, позволяющими перерабатывать, обезвреживать и захоранивать любые количества химических отходов.

Одна из проблем, которая возникает при обращении с реактивами с истекшим сроком годности, заключается в том, что отходы образуются в небольших количествах, но в большой номенклатуре наименований.

Однозначный алгоритм обращения с химическими отходами прописать невозможно: слишком разнообразны составы и агрегатные состояния таких веществ. Поэтому их отправке на использование предшествуют тщательный анализ и сортировка. Каждый вид опасных отходов пакуется в герметичные надежные контейнеры.

Затем, в зависимости от состава опасных отходов их нейтрализуют, возобновляют или смешивают с разного рода реагентами, чтобы в нетоксичном виде вернуть (полностью или частично) в новый производственный цикл.

Основные методы переработки лабораторных отходов:

– Нейтрализация. Например, щелочной гидролиз: смешение отходов с такими реагентами, которые превращают их в нетоксичные вещества.

– Хлорирование с окислением. Реагенты смешивают в суспензиях и водных растворах, чтобы избежать взрыва. В итоге возможно обезвреживание вещества на 99,99%.

– Алкоголиз. Использование моноэтанола в реакциях со спиртами и их производными.

– Термическое уничтожение (сжигание) в расплаве солей с максимальной доочисткой газов.

– Дистилляция. Разделение жидких отходов на компоненты.

– Биологическое уничтожение при помощи микроорганизмов.

В данной работе рассматривается возможность переработки такого реактива с истекшим сроком годности, как ацетат никеля.

Основная идея работы заключается в использовании ацетата никеля как сырьевого ресурса для получения никельсодержащих пигментов.

На первом этапе работы исследуется возможность термического разложения ацетата никеля при температурах от 240 до 900 °С. В соответствии с данными, представленными в литературном источнике [2], мы должны были получить высокодисперсный порошковый никель, который находит широкое применение в порошковой металлургии, в качестве катализаторов в химической промышленности, в производстве изделий из полимерных материалов и в лакокрасочной промышленности, при изготовлении пирофоров и т. д. Однако, проведенные исследования показали, что при температуре 240 °С разложение ацетата никеля не происходит, а в диапазоне более высоких температур 300–900 °С ацетат никеля разлагается с образованием оксида никеля – мелкодисперсного порошка темно-зеленого цвета.

В таком случае, ацетат никеля можно рассматривать как сырье для получения оксида никеля, применяемого при получении солей никеля (II), никельсодержащих катализаторов и ферритов, как зелёного пигмента для стекла, глазурей и керамики [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 95 10542–98. Отраслевая система обеспечения единства измерений. Контроль химических реактивов. – Дата введения 2014-01-01.

2. Каменщиков, О.Ю., Кетов, А.А., Корзанов, В.С., Красновских, М.П. Синтез дисперсного никеля термическим разложением формиата, ацетата и оксалата никеля (II) // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2018. Т. 8, вып. 3. С. 278–285.

3. Волков, А.И., Жарский, И.М. Большой химический справочник / А.И. Волков, И.М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2005. - 608 с.

### **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЗАО «ВИТЭКС»**

Закрытое акционерное общество «Витэкс» одно из ведущих предприятий Беларуси по производству косметических средств и товаров бытовой химии. В технологическом процессе производства экстрактов из растительного сырья образуются отходы, которые на данный момент не используются и вывозятся на объекты захоронения отходов. Они образуются в количестве 4,224 т/год и относятся к четвертому классу опасности.

Так как используется сухое измельченное растительное сырьё при производстве экстрактов, то после экстракции отработанное сырьё, содержит ещё и экстрагент.

В данной работе рассматривались отходы таких растений, как:

- женьшень (экстракция водным раствором пропиленгликоля);
- лопух (экстракция растительным маслом);
- ромашка (экстракция водным раствором пропиленгликоля);
- мать и мачеха (экстракция водным раствором пропиленгликоля);
- череда (экстракция водным раствором пропиленгликоля).

На основании анализа литературных данных по способам переработки подобных отходов, был сделан вывод о целесообразности их биокомпостирования с целью получения органических удобрений, почвоулучшающей добавки и пр. В работе отходы компостировали в смеси со структурообразующей добавкой (опилки, кора, листва) в соотношении 4:1 по сухому веществу. При проведении компостирования поддерживали следующие параметры: влажность 60 %; рН компостной смеси 6,5-8; температурный режим 45-80 °С; перемешивание через каждые две недели. Продолжительность компостирования 10 месяцев.

Было установлено, что наибольшей степени биодegradации подверглись пробы, содержащие корень лопуха после масляной экстракции. Эти же пробы характеризуются наибольшим содержанием соединений азота, фосфора и калия. Однако, растительное масло замедляет процесс. В остальных пробах процесс деградации идёт ещё медленнее, что связано с тем, что растительные отходы содержат пропиленгликоль, который используется при получении экстрактов. Установлено, что пропиленгликоль обладает бактерицидными свойствами, поэтому процесс компостирования замедляется.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДА ЦИНКА ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ**

В качестве сырья для производства оксида цинка могут служить отходы химической, медеплавильной и металлообрабатывающей промышленности. Эти отходы представляют собой в большинстве случаев шламы, содержащие цинк в виде металлического цинка и его соединений. Спектр цинксодержащих отходов достаточно широк, к ним относятся: шлаки; изгарь; серая окись; гарт-цинк; цинковые дроссы; цинксодержащие отходы вискозного производства; отработанные электролиты цинкования.

Оксид цинка находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: использование в качестве пигмента, в резинотехнической и шинной промышленности, в промышленности стройматериалов.

Целью работы являлось получение оксида цинка из отработанных электролитов гальванического цинкования.

Были проведены исследования возможности получения оксида цинка из отработанных электролитов цинкования методом осаждения. Для этого использовались модельные электролиты цинкования различного состава и такие осадители, как уротропин, карбонат натрия, этилендиамин и гидроксид натрия.

Установлено, что наибольший выход и лучшее качество получаемого оксида цинка наблюдалось при использовании в качестве осадителя уротропина.

В ходе исследований установлено, что на выход готового продукта влияет состав отработанного электролита цинкования. В частности было установлено, что присутствие блескообразователя увеличивает выход целевого продукта. Определены оптимальные технологические параметры получения оксида цинка из отработанных электролитов цинкования.

Полученные результаты использованы при разработке технологической схемы получения оксида цинка из отработанных электролитов цинкования. Результаты рентгенофазового анализа подтвердили, что по разработанной технологии получен оксид цинка. Определенные характеристики полученного материала свидетельствуют о возможности его применения в лакокрасочной промышленности и промышленности строительных материалов.

## **ОБРАЩЕНИЕ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ**

Перспективным методом переработки осадков является анаэробное сбраживание с получением источника энергии – биогаза. Однако классический метод сбраживания осадков в метантенках отличается длительностью процесса, продолжительность которого в зависимости от температурного режима колеблется от 15 до 29 сут. Это обстоятельство обуславливает необходимость интенсификации процесса анаэробного сбраживания осадков путем их предварительной обработки, обеспечивающей повышение биодоступности органических веществ и выхода биогаза.

Целью данной работы является оценка принципиальной возможности использования предварительной обработки осадков сточных вод перед анаэробным сбраживанием применительно к условиям Минской очистной станции и определение дополнительной нагрузки по загрязняющим веществам, которая может иметь место при использовании предварительной обработки перед сбраживанием.

Наиболее распространённым методом предварительной обработки осадков сточных вод обеспечивающим разрушение устойчивого органического вещества осадка перед его обработкой в метантенках является термогидролиз.

Для выбора проектных решений по предварительной обработке и определению дополнительной нагрузки на очистные сооружения были проведены исследования режимов анаэробного сбраживания на пилотной установке в течение 10 месяцев. При этом осуществляли контроль состава жидкой фазы сброженных осадков по показателям ХПК и азота аммонийного.

На основании полученных данных выявлена следующая корреляция: с увеличением степени сбраживания растёт содержание азота аммонийного и ХПК жидкой фазы сброженных осадков. В связи с этим, при повышении степени сбраживания за счет предварительного термогидролиза будет происходить рост этих показателей. Соответственно будет расти нагрузка на очистные сооружения за счет возврата жидкой фазы (фугата) в аэротенки.

Полученные результаты легли в основу разработанных технологических решений по сбраживанию с предварительной обработкой ИАИ.

## **ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ, СОДЕРЖАЩИМИ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

Республика Беларусь не производила озоноразрушающие вещества (ОРВ), однако, как большинство промышленно развитых стран, была потребителем ХФУ и продолжает оставаться потребителем ГХФУ. Как следствие, главные усилия страны направлялись и продолжают направляться на сокращение и прекращение использования таких веществ, замену их на озонобезопасные альтернативы. Поэтапный и ускоренный вывод из обращения ОРВ, в частности ГХФУ, привёл к образованию отходов их содержащих и проблем, связанных с их утилизацией.

В настоящее время в Республике Беларусь данные отходы не обезвреживаются и в основном подлежат хранению и захоронению, лишь малая часть подлежит использованию.

Проблема обезвреживания отходов, содержащих ГХФУ, заключается в выделении в результате утилизации токсичных веществ в атмосферный воздух.

Для решения проблемы данных отходов и ликвидации объектов хранения необходимо создание объектов, как по использованию, так и по обезвреживанию данных отходов.

В данной работе рассматриваются два варианта обращения с отходами, содержащими ГХФУ: 1) обезвреживание отходов, не подлежащих использованию; 2) переработка отходов для рекуперации веществ, используемых в качестве хладагентов и растворителей.

Отработанные ГХФУ, которые не могут быть регенерированы, подлежат обезвреживанию. Обезвреживание ОРВ, к которым также относятся ГХФУ, должно производиться с использованием технологий, одобренных Решением XV/9 Сторон Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой.

Согласно Монреальскому протоколу, регенерация ХФУ и ГХФУ относится к приоритетным видам деятельности, которые способствуют сокращению выбросов ОРВ в атмосферу. Регенерация ГХФУ и ХФУ возможна только после получения результатов анализа компонентного состава образца, поскольку к загрязненным галогенуглеводородам предъявляются требования по влажности, а также содержанию кислоты, масла, твердых примесей, неконденсируемых газов и воздуха.

## ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА НА ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВА МЕДЬ-ОЛОВО

Сплавы меди с оловом, содержащие до 20 мас.% олова (желтые бронзы), широко применяются в качестве индивидуальных защитно-декоративных гальванических покрытий, а также являются дешевой альтернативой никелю и серебру [1–3]. Сернокислые электролиты являются наиболее простыми, доступными и экологически безопасными, но имеют ряд недостатков: более высокую разность потенциалов меди и олова по сравнению с комплексными электролитами, низкую рассеивающую способность, существенную зависимость качества покрытия от природы вводимых в электролит специальных добавок, сложности прямого нанесения покрытия на стальные изделия, а также узкий диапазон катодных плотностей тока, обеспечивающих формирование качественных осадков.

Целью данной работы является изучение влияния импульсного электролиза на кроющую способность сернокислого электролита бронзирования

Электролиз проводили в электролите следующего состава, г/дм<sup>3</sup>: CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O – 40; SnSO<sub>4</sub> – 40; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 100; тиомочевина – 0,01; *N*-октилпиридиний бромид – 0,01. В таблице 1 представлены параметры импульсного электролиза (ИЭ), исследуемые в данной работе.

**Таблица 1 – Параметры ИЭ**

Режим	Время импульса, мс	Время паузы, мс	Скважность импульсов
Режим 1	10	10	2
Режим 2	10	5	1.5
Режим 3	10	2.5	1.25

Катодами и анодами служили медные пластины размерами 5x2 см. Electroды предварительно обезжировали в растворе следующего состава, г/дм<sup>3</sup>: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 30, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O – 30; затем подвергали травлению в течение 15 секунд в растворе, содержащем, г/дм<sup>3</sup>: HNO<sub>3</sub> – 400, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 400, NaCl – 10. Осаждение проводили при плотностях тока импульса от 1.25 до 2.75 А/дм<sup>2</sup> при температуре 25 °С. Качественную оценку полученных покрытий проводили визуально.

Толщина покрытий составляла 6 мкм.

В таблице 2 представлены диапазоны тока для различных режимов, позволяющие получать качественные желтые покрытия.

**Таблица 1 – Диапазоны тока получения качественных покрытий**

Режим	Диапазон плотностей тока, А/дм <sup>2</sup>
Стационарный	1,3–1,6
Режим 1	1,9–2,6
Режим 2	1,6–2,3
Режим 3	1,4–1,8

Использование стационарного электролиза позволяет получать качественные желтые покрытия в диапазоне катодных плотностей тока от 1,3 до 1,6 А/дм<sup>2</sup>. Повышение плотности тока свыше 1,6 А/дм<sup>2</sup> приводит к формированию с заметными подгарами. Использование ИЭ приводит к существенному увеличению диапазонов получения желтых покрытий в 2–3 раза по сравнению со стационарным электролизом. Также необходимо отметить, что снижение частоты тока для всех исследуемых режимов приводит к уменьшению диапазона рабочих плотностей тока. Положительное влияние ИЭ электролиза на диапазон рабочих плотностей тока обусловлен тем, что в момент импульса тока осаждение олова протекает подпотенциально.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее эффективным режимом ИЭ является режим 2, который позволяет получать качественные покрытия Cu–Sn в более широком диапазоне и при более высоких значениях эффективных плотностей тока

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Касач, А. А. Влияние ультразвукового воздействия на физико-химические и трибологические свойства электрохимических покрытий Cu–Sn–TiO<sub>2</sub>/А. А. Касач, Д. С. Харитонов, А. Wrzesińska, I. Bobowska, А. А. Предко, В. И. Романовский, И. М. Жарский, И. И. Курило // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2020. – Т. 56. – №. 2. – С. 208–214.
2. Jung, M. Electrochemical plating of Cu–Sn alloy in non-cyanide solution to substitute for Ni undercoating layer /M. Jung, G. Lee, J. Choi // Electrochim. Acta. – 2017. – Vol. 241. – P. 229–236.
3. Касач, А. А. Совместное влияние добавок тиомочевины и N-октилпиридиний бромида на кинетику процесса электроосаждения сплава Cu–Sn / А. А. Касач, И. М. Жарский, Д. С. Харитонов, И. И. Курило // Свиридовские чтения : сборник статей. - Минск : Изд. центр БГУ, 2019. – Вып. 15. – С. 75–84.

студ. А.С. Красовский (I ПИМ 1)

Науч. рук. доц. Л.И. Хмылко (кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, БГТУ);

доц. Н.А. Коваленко (кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ МЕТАЛЛОВ В ФИЛЬТРАТАХ ПОСЛЕ КИСЛОТНОЙ МОДИФИКАЦИИ ГЛАУКОНИТА**

Эффективными катализаторами реакций изомеризации углеводов являются природные алюмосиликаты. Для увеличения каталитической активности природных алюмосиликатов используют их кислотную обработку. Кислотно-обработанные глины обладают более высокой удельной поверхностью и кислотностью, что оказывает существенное влияние на их каталитическую активность.

Природный алюмосиликат глауконит относится к группе гидрослюд. Глауконит представляет собой кремнекислородные тетраэдрические сетки с заключенной между ними алюмокислородной октаэдрической. Для глауконита характерна высокая степень изоморфного замещения ионов алюминия на катионы железа и магния, в результате чего слои имеют отрицательный заряд, который компенсируется катионами, находящимися в межслоевом пространстве.

Цель данной работы – установить содержание катионов алюминия и магния в фильтрах после кислотной модификации глауконита при различных температурах обработки.

Навески глауконита (Лоевское месторождение, Республика Беларусь) массой 3–5 г помещали в 3-х-горлую колбу и обрабатывали 10 %-ным раствором соляной кислоты в течение 3 ч при перемешивании с использованием магнитной мешалки. Количество используемой кислоты в расчете на 1 г глауконита составляло 50 мл.

Обработку проводили при температурах 30, 50, 70 и 90°C. В работе были проанализированы фильтраты после кислотной обработки при следующих температурах: 30°C (образец № 1), 50°C (образец № 2); 70° С (образец 3 №) и 90°C (образец № 4). Фильтраты анализировали на содержание алюминия и магния.

Определение ионов алюминия в фильтрах после кислотной обработки глауконита основано на образовании интенсивно-окрашенного устойчивого комплекса алюминия с ксиленоловым оранжевым при рН  $3,5 \pm 0,1$ . Готовили серию стандартных растворов с концентрацией катионов алюминия в интервале  $1 \cdot 10^{-6} - 1,5 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Для доведения рН растворов до значения  $3,5 \pm 0,1$  использовали ацетатный буферный раствор.

Контроль значений pH осуществляли с помощью иономера И – 160 с микропроцессором (индикаторный электрод – стеклянный ЭСЛ – 43 – 07; электрод сравнения – хлоридсеребряный ЭВЛ – 1МЗ). Для полного развития окраски растворы нагревали на водяной бане при 90°С в течение 7 мин, а затем охлаждали до комнатной температуры. Окрашенные растворы фотометрировали на спектрофотометре «ПЭ-5400УФ» при длине волны 536 нм в кварцевой кювете с толщиной оптического слоя 1 см. Определение проводили методом градуировочного графика.

Определение ионов магния проводили комплексометрическим титрованием. Аликвотную часть анализируемого раствора титровали стандартным раствором трилона Б в среде аммонийного буфера до перехода винно-красной окраски раствора в синюю. В качестве индикатора использовали эриохром черный Т. Для исключения влияния кальция на результаты определения магния отбирали такую же аликвоту анализируемого фильтрата, вносили в него 1–2 гранулы NaOH, мурексид на кончике шпателя и титровали стандартным раствором трилона Б до перехода винно-красной окраски раствора в фиолетовую. По результатам обоих определений рассчитывали содержание магния в образцах фильтратов.

Полученные результаты определения ионов алюминия и магния в фильтратах после кислотной обработки глауконита приведены в таблице.

**Таблица – Содержание катионов алюминия и кальция в фильтратах**

№ образца	Температура кислотной обработки, °С	Содержание алюминия, г	Содержание магния, г
1	30	0,072	0,034
2	50	0,017	0,078
3	70	0,383	0,143
4	90	0,648	0,275

Из данных таблицы видно, что количество вымываемых катионов возрастает с повышением температуры кислотной обработки.

Таким образом, на основании проведенных исследований подобраны оптимальные условия и методики определения ионов алюминия и магния в фильтратах после кислотной модификации глауконита с целью его дальнейшего использования в качестве активного катализатора изомеризации углеводородов.

## **КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД 1**

Алюминий и его сплавы являются перспективным направлением для изучения поверхностных покрытий на основе слоистых двойных гидроксидов (LDH – Layered Double Hydroxide). Такие покрытия обладают большим потенциалом в первую очередь для промышленного использования. Это обусловлено широкими возможностями модификации и получением различных матриц с заданными параметрами в ходе синтеза [1].

Цель работы – исследование коррозионного поведения поверхности сплава алюминия после осаждения слоистых двойных гидроксидов из растворов на основе нитрата никеля.

Исследования проводились методами электрохимической импедансной спектроскопии (EIS), электрохимической частотной модуляции (EFM) с последующим геометрическим усреднением, при помощи расчётных алгоритмов были получены значения скорости коррозии образцов и поляризационные сопротивления.

Установлено, что скорость коррозии образцов при синтезировании из маточного раствора на основе  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  уменьшается пропорционально времени осаждения. Минимальный показатель был получен при синтезе покрытия в течении 5 часов. При этом скорость коррозии образца более чем в 5 раза меньше в сравнении с образцом без покрытия.

Образцом, с покрытием, получаемым в течении 5-ти часов были показаны наименьшие токи коррозии  $0,634 \text{ мкА/см}^2$  глубинный показатель коррозии составил  $0,000771 \text{ мм/год}$ . Таким образом показано, что слоистые двойные гидроксиды, полученные в ходе гидротермического синтеза на поверхности алюминиевого сплава АД1, даже без последующей обработки и модификации обеспечивают увеличение коррозионной устойчивости.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Gilmour, R. Layered double hydroxides as the next generation inorganic anion exchangers: synthetic methods versus applicability / R. Gilmour [et al.] // Adv. Colloid Interface Sci. – 2018. Vol. 8, № 2, – P. 74–79.

Магистрант М.А. Осипенко

Науч. рук.: доц., к.х.н. И.И. Курило (кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ);

Науч. рук. доц., к.х.н. А.А. Черник (кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, БГТУ)

## **АНОДИРОВАНИЕ В СЕРНОКИСЛОМ И ФОСФОРНОМ ЭЛЕКТРОЛИТАХ С ФОРМИРОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК НА СПЛАВАХ АЛЮМИНИЯ**

В промышленности для окрашивания используют сплавы алюминия с содержанием легирующих компонентов менее 8 %, для обеспечения меньшего образования интерметаллических частиц. Однородность алюминиевой матрицы позволяет создать однородное и непрерывное АОП с оптимальной прозрачностью и плотной микроструктурой. Прозрачные оксиды имеют более широкие поры с тонкими стенками, что позволяет им вмещать большее количество пигмента красителя.

Для окрашивания АОП в темные цвета необходима толщина барьерного слоя АОП минимум 15 мкм, для черного цвета – 25 мкм. Для светлых оттенков не менее 8 мкм. Прозрачная поверхность получится с толщиной барьерного слоя до 3–5 мкм.

Целью данной работы является установление влияния электролита анодирования на защитные свойства модифицированной поверхности сплавов алюминия уплотненного перманганатом калия.

Объектом исследования в данной работе является медьсодержащий сплав алюминия марки АД31, номинального состава, масс. %: Si – (0.20–0.60); Fe – 0.50; Cu – 0.10; Mn – 0.10; Mg – (0.45–0.90); Zn – 0.20; Ti – 0.15; Al – баланс.

В исследованиях использовали образцы круглой формы диаметром 40 мм и толщиной 1 мм. Образцы предварительно проходили подготовку согласно ГОСТ 9.402–2004. Анодирование проводили в растворах с концентрацией 200 г/дм<sup>3</sup> H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в течение 40 мин при комнатной температуре ( $\approx 20 \pm 2$  °C), значение тока 0.1 А. Материал катодов – свинец. Уплотнение АОП проводили в 0.2 М растворе KMnO<sub>4</sub> при температуре 100 $\pm$ 1 °C. Время уплотнения – 20 мин. После уплотнения образцы модифицированных АОП промывали горячей дистиллированной водой и сушили с помощью термовоздуходувки.

Для изучения защитных свойств полученных образцов АОП, полученных при различных параметрах электролиза, использовали метод линейной поляризации в 0.5 М растворе хлорида натрия.

Визуальный анализ показал, что для образцов анодированных в фосфорной кислоте последующие уплотнение в перманганате калия не приводит к окрашиванию пленки, это связано с недостаточной толщиной барьерного слоя АОП. В свою очередь уплотнение пленки предварительно анодированной в серной кислоты, приводит к формированию окрашенных поверхности.

Значения плотностей токов коррозии, полученные из анализа потенциодинамических поляризационных кривых, показали, для образцов анодированных в фосфорной кислоте значения плотности токов выше ( $i_{корр} = 4.44 \cdot 10^{-7}$  А/см<sup>2</sup>), чем для образцов анодированных в серной кислоте ( $i_{корр} = 3.95 \cdot 10^{-8}$  А/см<sup>2</sup>), что связано с большой толщиной оксидного слоя в результате процессом адсорбции перманганат-ионов по длине пористого слоя.

Таким образом, проведенные исследования показали, что анодирование в серной кислоте с последующим уплотнением позволяет увеличить защитные свойства сплавов алюминия на порядок в сравнении с анодированием в фосфорной кислоте.

УДК 621.181

М.Н. Делаков

Науч. рук. доц., канд. хим. наук А.А. Черник (кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, БГТУ);  
доц., канд. хим. наук И.И. Курило (кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА**

Одним из эффективных способов защиты изделий от коррозии и придания им декоративных свойств является нанесение электрохимическое никелевание. В настоящее время необходимы высокопроизводительные, низкотемпературные электролиты, имеющие более низкую концентрацию основных компонентов. Снижение содержания солей металлов в электролитах без ухудшения свойств покрытий дает значительный эффект за счет уменьшения расхода реактивов на приготовление ванн и их корректировку, снижения затрат на очистку сточных вод. Для решения этой задачи актуальным направлением современной электрохимии является использование нестационарных токовых нагрузок и сонохимической обработки электролита.

Целью данной работы является установление влияния параметров ультразвуковой обработки электролита на структуру и свойства сформированных никелевых покрытий.

Процесс электрохимического нанесения никелевых покрытий проводили из электролита следующего состава, моль/дм<sup>3</sup>: NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 0,8; NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O – 0,2; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>·4H<sub>2</sub>O – 0,1. Катодную плотность тока варьировали от 0,01 до 0,06 А/см<sup>2</sup>. В качестве источника УЗ колебаний использовали гомогенизатор ультразвуковой марки UP 200 Ht, оснащенный титановым генератором (рог) диаметром 12 мм. Электролиз проводили при частоте УЗ 26 кГц и выходной мощности 1–200 Вт. Постоянную температуру электролита поддерживали при помощи термостата ВТЗ–1.

Тест в ячейке Хулла показал, что в стационарных условиях качественные никелевые формируются при плотностях тока 0,2–3 А/дм<sup>2</sup>. Использование УЗ обработки позволяет расширить диапазон рабочих катодных плотностей тока в 1,5 раза. Увеличение мощности УЗ поля до 80 Вт/дм<sup>3</sup> в процессе электрохимического никелирования способствует увеличению значений предельной плотности тока, обеспечивающей получение качественных катодных осадков, до 5,0 А/дм<sup>2</sup>, что, по видимому, объясняется деполяризирующим воздействием ультразвуковой кавитации.

Анализ микрофотографий никелевых покрытий, полученных при различных токовых и УЗ нагрузках, показал, что сонохимическое воздействие приводит к механическому удалению с поверхности электрода образующегося в процессе электролиза водорода, уменьшая его экранирующее действие, и, как следствие, более равномерному разряду ионов никеля по поверхности покрытия. Все это способствует снижению числа поверхностных дефектов покрытия и формированию плотно сцепленных с подложкой плотных, мелкокристаллических никелевых осадков светло-серого цвета.

Использование сонохимической обработки электролита различной мощности во время электроосаждения никеля при токовых нагрузках свыше 1,0 А/дм<sup>2</sup> способствует увеличению значений выхода по току осаждаемого металла на 2–5 %, что обусловлено подавлением побочного процесса выделения водорода. При этом максимальный выход по току никеля наблюдается при катодной плотности тока 4 А/дм<sup>2</sup>.

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность использования соноэлектрохимического способа получения никелевых покрытий.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Секция

### ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

1. *Жолнеркевич В.И., Ушева О.А.* Влияние условий подготовки нефтяных масляных дистиллятов на процесс их селективной очистки..... 4
2. *Станько М.В., Хатько И.Н.* Роль температурного фактора при окислении системы гудрон-добавка функционализированного соединения..... 6
3. *Перегожина А.Л.* Synthesis and official analysis of calcium lactate pentahydrate..... 7
4. *Коломийцев И.Р., Прудников Н.А., Пацев А.А., Пехота А.М.* Синтез и полный фармакопейный анализ тринатрий цитрата..... 8
5. *Богуславская М.В., Цыркун Н.Н., Тумашик А.В.* Синтез бензоата натрия и его полный фармакопейный анализ..... 9
6. *Жебит Т.С., Елисеева М.А., Новоковский А.В., Саган Д.А.* Синтез салицилата натрия и его полный фармакопейный анализ..... 11
7. *Татарщицкий А.Ю.* Органические соединения в деревопереработке..... 13
8. *Букато А.А., Бурак Е.Ю.* Синтез 8,9,10,11 – тетрагидро- 7Н-бензо[с]карбазола..... 15
9. *Сакмаркина П.Г.* Инновационные полимерные гидрогели для биологии и медицины..... 17
10. *Нестерчук Я.Е., Деркач Е.Н.* Эффективное использование энергетических ресурсов при нагревании воды на примере студенческого общежития..... 19
11. *Матвейчик Е.А., Родион П.А.* Утилизация твердых коммунальных отходов в г. Минске..... 21
12. *Стасевич А.И., Боровко Д.А.* Радиоактивная керамическая посуда..... 23
13. *Ходжиева Х.Б., Широкова А.В.* Влияние комплекса минеральных удобрений на производство зерновой продукции..... 25
14. *Запольская Е.С.* Композиционный материал на основе полиамида-6 для порошковых покрытий..... 27
15. *Мигиневич Т.Д.* Полисахариды-незаменимые природные полимеры (крахмал)..... 28
16. *Плыгавко Е.А.* Белки-основа жизни нашей планеты..... 29
17. *Большакова В.В.* Целлюлоза-крупнотоннажный возобновляемый природный полимер..... 30
18. *Гаврилова А.А.* С биоразлагаемым полимером коллагеном будешь всегда молод..... 31
19. *Третьякова М.С., Семенович Н.М., Кочерга В.В., Карпицкая А.В.* Исследование процесса отверждения гидроксилсодержащих водно-дисперсионных пленкообразователей изоцианатными отвердителями... 32
20. *Духович Ю.В., Мелещенко А.В.* Исследование свойств УФ-облученных покрытий..... 33
21. *Даниленко А.С., Марач Д.Г.* Комплексное использование функциональных добавок в композициях полиамида-6..... 34
22. *Каракулько В.А.* Исследование влияния микросферного наполнителя на свойства эластомерных композиций..... 35

23. Прокопович Я.М. Исследование свойств шинных резин, содержащих комбинацию наполнителей.....	36
24. Чабан Т.В. Исследование влияния пространственно затрудненных аминифенолов на кинетику вулканизации модельных резиновых смесей.....	37
25. Лапковская Д.А. Изучение процесса производства полимерной пленки для бытовых нужд.....	38
26. Герцик П.Н. Изучение процесса производства пластмассовых труб большого диаметра.....	40
27. Солошенко К.И. Подавление пролиферации онкологических клеток под влиянием биологически активных белковых фрагментов молозива.....	42
28. Кривец Т.Ю. Применение хитинолитических ферментов.....	
29. Шумчик П.И., Максимов А.О., Ушак Н.С. Подбор методик и исследование свойств полимерных дисперсий.....	45
30. Мажукова К.В. Особенности введения экстракта БАВ в состав губной помады.....	48
31. Кутепова Ю.Е., Синицына В.С. Применение водорастворимых полимеров для извлечения сульфазокрасителей из водных сред.....	50
32. Деркачев М.С. Влияние типа вулканизирующей группы на свойства эластомерных гидроизоляционных композиций.....	52
33. Кочеткова Е.В. Разработка методов повышения эффективности использования отходов молочной промышленности.....	54
34. Демихова Е.В. Совершенствование процесса очистки отработанного теплоносителя при сушке молочных продуктов.....	56
35. Махинова А.Ю., Старченко А.Ю. Изучение спектральных характеристик органических соединений лекарственных трав.....	58
36. Сенькин В.Ю. Вторичная переработка отходов пивоваренного производства.....	60
37. Добренькая Ю.В. Исследование методов выделения молочной кислоты в молочной промышленности с целью повышения экологичности.....	62
38. Воронцов И.В. Получение и цветометрические характеристики аммиачно-сульфитных сахарных колеров.....	64
39. Емельянов Н.Н. Выделение никотина из различного никотинсодержащего сырья.....	66
40. Хлабыстов Е.Д., Яровая Ю.В., Семерунчик А.И. Элементы экономики замкнутого цикла в технологии переработки полимерных отходов.....	68
41. Боголепова О.В., Евдокимова Я.В. Применение технологий рециклинга для модернизации процесса получения полиэтилентерефталата.....	70
42. Гадомская Т.А., Несмеянова А.Р. Технология получения сульфитных и композиционных сахарных колеров.....	72
43. Кудревич Б.Ф., Кулигина М.А. Исследование свойств облученных бутиловых резин, подвергнутых механообработке.....	74
44. Лынкova Т.Е. Получение шумоизоляционных материалов с использованием отходов пенорезин.....	76
45. Пичугина Е.С. Цветометрическая оценка окраски каротиноидно-антоциановых красителей.....	78
46. Сосницкая А.С., Свечникова В.А. Влияние растительных масел на свойства ПВХ.....	80

47. <i>Тесленко Д.В.</i> Применение бензоксазиновых связующих при создании полимерных компазиционных материалов.....	82
48. <i>Чвинова А.А., Зимина А.Е.</i> Исследование свойств резиновых смесей и резин, полученных в присутствии высших карбоновых кислот.....	84
49. <i>Павлюк К.И., Цалко В.В.</i> Определение кинетических параметров реакции синтеза нефтеполимерной смолы из тяжелой смолы пиролиза.....	86
50. <i>Юрченко В.О., Никонов Е.В., Смолко В.С.</i> Влияние добавок нефтеполимерной смолы на пластические свойства резинобитумных вяжущих...	88
51. <i>Ефименко А.А.</i> Методы контроля содержания СПАВ в сточных водах...	89
52. <i>Масехнович А.А.</i> Оценка уровня загрязненности осадков сточных вод...	91
53. <i>Миронович В.К.</i> Получение антимикробного покрытия и анализ его защитного действия.....	93
54. <i>Демидович С.А.</i> Модели расчета параметров связывания абиратерона ацетата с сывороточным альбумином человека.....	95
55. <i>Косяк Д.А.</i> Количественное определение гиперицина в экстрактах травы зверобоя продырявленного <i>Hypericum Perforatum</i> .....	97
56. <i>Мещеракова К.А.</i> Фармакогностический анализ лекарственного растительного сырья.....	100
57. <i>Гончарик Д.Ю.</i> Химико-фармацевтические исследования ветеринарного препарата на основе амоксициллина и колистина.....	101
58. <i>Мистюкевич Е.В.</i> Особенности отбелки целлюлозы сульфатной хвойной с предварительной кислородной делигнификацией.....	103
59. <i>Улитенок А.О.</i> Влияние вида и расхода связующих веществ на свойства меловальной пасты и бумаги с ее использованием.....	105
60. <i>Шибeko М.А.</i> Влияние состава бумажной массы на свойства газетной бумаги.....	107
61. <i>Горст Е.В.</i> Влияние технологических параметров процесса экстракции на степень извлечения биологически активных веществ из плодов черноплодной рябины.....	109
62. <i>Мигель М.Ю.</i> Влияние масла амаранта на показатели качества косметической эмульсии прямого типа.....	111
63. <i>Сасновская К.А.</i> Подбор эмульгатора для гидрофильного масла для умывания.....	113
64. <i>Мешкевич Т.В., Толстяк А.А.</i> Исследование влияния композиционного состава твердого биотоплива на его физико-механические свойства.....	115
65. <i>Кокаш К.С.</i> Исследование влияния полиамидной смолы на свойства древесностружечных плит.....	117
66. <i>Рожок И.В.</i> Модификация стружечно-клеевой композиции в производстве древесных плит с целью снижения эмиссии формальдегида.....	119
67. <i>Журавлева Я.Ю.</i> Электротранспортные свойства композитов NbBaCoFeO <sub>5+δ</sub> +УНТ.....	121
68. <i>Лапытов Р.С.</i> Электротранспортные и термоэлектрические свойства композитов в системе Сао-Со <sub>3</sub> О <sub>4</sub> .....	123
69. <i>Широкова А.В., Курилович М.А.</i> Синтез катодных материалов литий-ионных аккумуляторов Li(Ni, Mn, Co, Fe)O <sub>2</sub> методом сжигания геля.....	125
70. <i>Чуешова П.А.</i> Определение чисел переноса ионов в проводниках второго рода.....	126

71. <i>Липтинг Я.А.</i> Влияние добавки тиомочевины на электрохимическое зародышеобразование сплав медь-олово из сульфатного электролита...	127
72. <i>Черепко А.О.</i> Получение и свойства электрохимических композиционных покрытий Cu-Sn-TiO <sub>2</sub> .....	129
73. <i>Пчельников А.И., Красновский Е.В.</i> Определение парацетамола в лекарственных средствах.....	131
74. <i>Калейник Д.В., Золотарев Н.А.</i> Оптимизация условий определения общей кислотности травильных растворов.....	132
75. <i>Будейко А.В., Снопко М.А.</i> Использование ГЖХ для определения низких концентраций этилацетата.....	134
76. <i>Тереня Р.В., Дятлов В.В.</i> Исследование физико-химических свойств обработанных железо-молибденовых катализаторов.....	135
77. <i>Коляда Е.Н., Полешко В.А.</i> История создания и принципы работы литий-ионных аккумуляторов.....	137
78. <i>Потихонин Д.Е., Осипенко М.А.</i> Формирование марганецсодержащих покрытий при анодной поляризации алюминия.....	139
79. <i>Осипенко М.А., Ляшкевич И.Ю.</i> Анодно-оксидных покрытия на алюминии, модифицированные соединениями марганца.....	140
80. <i>Махнориллов В.И., Осипенко М.А.</i> Защитные свойства полимерных анодно-оксидных покрытий на алюминии.....	142
81. <i>Делаков М.Н.</i> Электрохимическое осаждение никелевых покрытий при воздействии ультразвука.....	143
82. <i>Купцова Е.Ю.</i> Международный опыт использования буферных материалов при строительстве пунктов захоронения радиоактивных отходов... 145	
83. <i>Сафонов А.Д., Авдейчик В.С.</i> Исследование содержания основных элементов питания растений в технологических рассолах ОАО «Беларуськалий».....	147
84. <i>Везицкая А.В., Зубрицкий Д.Е.</i> Экстракция лигандов из древесины PICEA ABIES.....	149
85. <i>Гиль Е.В.</i> Взаимосвязь состава и биологической активности эфирных масел хвойных растений.....	150
86. <i>Марзан В.Г.</i> Оценка технических требований, предъявляемых к древесноволокнистым плитам, изготовленных сухим способом, на территории ЕС и ЕАЭС и методов их контроля.....	152
87. <i>Липай Н.А.</i> Методы исследования медьсодержащих средств для защиты древесины.....	154
88. <i>Островская А.Н.</i> Оценка неопределенности количественного определения генетически модифицированной сои методом ПЦВ-РВ.....	156
89. <i>Грымак А.О.</i> Пищевые добавки на рынке Республики Беларусь и их применение в пищевой отрасли.....	158
90. <i>Тугай А.З.</i> Инспекция как форма оценки соответствия	
91. <i>Богдан Л.М.</i> Определение бактерий на коже лица <i>Propionibacterium asnes</i> с помощью метода ПЦР-РВ.....	160 162
92. <i>Финогенов Т.А., Бубровский Т.А.</i> Биотехнология: основные направления развития, достижения, риски и социальное значение.....	163
93. <i>Ульянов С.В.</i> Социальные условия и проблемы редактирование генома человека: возможности и риски.....	165

94. Бутель Д.В. Префигуративность в условиях нестабильности современного общества.....	167
95. Жинь Т.А. Особенности медицины как науки и ее социальное значение...	169
96. Самойлович О.Л. Концепция власти знания М. Фуко.....	171
97. Бунос А.Д. Мониторинг содержания солей KCl и NaCl в открытых водоемах агрогородка «Долгое» Солигорского района.....	174

## Секция ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ

1. Зиновьев М.Н. Применение вентильно-индукторных электродвигателей на электроприводах насосов и вентиляторов.....	177
2. Казей Н.Д. Некоторые особенности применения частотно-регулируемого электропривода.....	179
3. Норейко К.А. Методика для формирования оптимального графика ремонтов основногооборудования тепловых электростанций.....	181
4. Ермак Е.И., Зуевич А.С., Карпович М.Д. К проблеме минимизации потерь мощности в высоковольтной сети энергосистемы РБ.....	183
5. Михновец А.С., Дубиковская Е.А., Строк Д.В. Математическое моделирование балансирного робота.....	185
6. Карпович М.Д., Роленок Д.И. Оптимизация перетоков электроэнергии в условиях взаимодействия энергосистем в рамках единого экономического пространства таможенного союза.....	187
7. Фокин И.А. Сравнение опытных и расчетных давлений радиального вентилятора цаги Ц 4-70.....	189
8. Волкович Д.С. Расчет импульса и энергии заготовки, выбрасываемой при захвате дисковой пилой.....	190
9. Ходер В.Б. Индивидуализация конструкторских и дизайнерских решений в производстве объектов повседневного пользования посредством лазерной стереолитографии.....	192
10. Кублицкая А.В., Кулешо А.А. Подбор параметров прессования изделий из полиэфирных препрегов (SMC).....	193
11. Хриптович А.Ю. Разработка конструкции педали управления автомобиля для изготовления методом FDM-технологии.....	194
12. Кашкан П.И. Технология получения премикса на основе углеволокна....	195
13. Егорова А.В., Цапик И.А. Исследование формуемости композиций на основе вторичного полипропилена и отходов дубленых кож.....	196
14. Музыка А.С., Мясников Н.А. Влияние полимерных микросфер на свойства стеклонаполненных композиций.....	197
15. Струневский П.А. Особенности расчета статически неопределимых стержневых конструкций по предельному состоянию.....	198
16. Михасенок А.П. Методика определения параметров мачты канатной трелевочной установки.....	199
17. Гордиевич В.А. Исследование структур ауксетиков при сжатии.....	200
18. Лазарчук И.С., Сологуб В.И. Технология пултрузии для получения полуфабрикатов на основе термопластичных полимеров.....	202

19. Тишевич Е.А., Тетерукова Д.В., Петрашкевич А.О. Изделия на основе смешанных полимерных коммунальных отходов и технология их производства.....	203
20. Мирошниченко Д.Д. Влияние функциональных добавок на свойства смешанных полимерных коммунальных отходов.....	204
21. Жигар О.В. Композиции на основе смешанных полимерных отходов и отходов полимерного корда от разделки автомобильных покрышек.....	205
22. Голуб Д.С. Композиции на основе смешанных полимерных производственных отходов.....	206
23. Шинкевич Р.А. Перспективы применения функциональных добавок для модифицирования свойств полиуретанов.....	208
24. Радюк В.С. Физико-механические свойства материаловна основе смешанных полимерных отходов ДСП.....	209
25. Билинский Д.А. Физико-механические свойства материалов на основе смешанных полимерных отходов сшитого полиэтилена.....	210
26. Гловацкий М.И., Апанасович В.М. Технология печати строительных сооружений из композиций на основе цемента.....	211
27. Михасева Я.Д., Волчок А.Г., Авраменко П.С. Температурная зависимость параметров закона течения расплавов материалов аддитивного синтеза.....	213
28. Грецкий А.О. Исследование динамики движения механической системы с помощью теоремы об изменении кинетической энергии.....	214
29. Ковалевский А.С., Бегматов Ш. Исследования теплообмена в выносном струйном теплообменнике.....	215
30. Dubrova M.V. Theoretical study of the motion of a drop with a particle mass.....	217
31. Воронцов Р.А. Особенности образования оксигидроксидов железа (III) при щелочной конверсии сульфата железа (II).....	219
32. Рахманов И.У., Климович В.В., Гайдук Д.В. Исследование состава и свойств промежуточных и конечных продуктов в системе $\text{FeSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-KOH-H}_2\text{O}$ .....	221
33. Чижевский К.А., Блинов В.С. Исследование процесса получения электрореологически активного тридимитоподобного железофосфата.....	222
34. Понятовский О.В. Основные направления создания электрореологических суспензий и роль в них дисперсной фазы.....	223
35. Мохорт М.С. Новые виды органоминеральных удобрений, предназначенные для повышения плодородия почвы.....	225
36. Писаренко А.Н. Современные методы очистки экстракционной фосфорной кислоты.....	227
37. Рахманов И.У. Получение сульфата калия на основе железного купороса.....	229
38. Шинкевич М.С. Получение коррозионно-стойкого покрытия на основе серы.....	231
39. Коридорова А.С. Получение композиционных материалов строительного назначения на основе жидких стекол.....	232
40. Мышкова Д.С. Разработка состава керамзитопенобетона с использованием отечественных химических добавок.....	233

41. <i>Мохор О.Н.</i> Получение алюмосиликатной связки для композиционных материалов технического назначения.....	235
42. <i>Ратнер А.Д., Шпак С.Д.</i> Композитные портландцементы с использованием дегидратированных алюмосиликатных и карбонатных пород.....	237
43. <i>Драгун А.Н.</i> Автоклавный ячеистый бетон с армированной волокнами структурой.....	239
44. <i>Дикун А.Ю.</i> Разработка состава химической добавки комплексного действия для бетона.....	240
45. <i>Азаренко И.М.</i> Магматические породы кристаллического фундамента Беларуси – основа сырьевых композиции пористых теплоизоляционных материалов.....	241
46. <i>Самсонова А.С.</i> Керамические материалы, применяющиеся для футеровки тепловых агрегатов.....	242
47. <i>Гаргун А.В., Казакова И.Н.</i> Получение осажденного диоксида кремния на основе сырья Республики Беларусь.....	243
48. <i>Сидоревич А.Г.</i> Разработка составов и технология получения стекол для защиты от электромагнитного излучения.....	244
49. <i>Лицкевич Е.А.</i> Изучение влияния добавок Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SnO <sub>2</sub> , Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO <sub>2</sub> , WO <sub>3</sub> , CoO, ZrO <sub>2</sub> на спекание и свойства термостойкости литьевой керамики.....	246
50. <i>Ковалева А.А.</i> Исследование процесса отмывки гидроксида никеля от водорастворимых соединений при осаждении Ni <sup>2+</sup> из отработанных растворов химического никелирования.....	248
51. <i>Ковалева А.А.</i> Материальный баланс получения пигмента из отработанного раствора химического никелирования.....	249
52. <i>Корицкая А.И.</i> Сравнительная характеристика методов очистки газоздушных выбросов от ЛОС.....	250
53. <i>Латош Е.С.</i> Возможные направления переработки скопа.....	251
54. <i>Лисай Е.А.</i> Воздействие ОАО «Керамин» на окружающую среду.....	252
55. <i>Беляева О.Д.</i> Воздействие гальванического производства на окружающую среду.....	253
56. <i>Лобанова К.А.</i> Воздействие на окружающую среду процесса нанесения лакокрасочного покрытия на детали.....	254
57. <i>Бобрик А.Н.</i> Воздействие предприятий по производству мебели на окружающую среду.....	255
58. <i>Косевич Е.В.</i> Особенности воздействия предприятий по изготовлению мясной продукции на окружающую среду.....	256
59. <i>Грамович А.А.</i> Воздействие производства керамической плитки на окружающую среду.....	257
60. <i>Бельская Т.Г.</i> Воздействие на окружающую среду предприятий по производству сухого молока.....	258
61. <i>Петушкевич В.Г.</i> Воздействие на окружающую среду процесса нанесения цинкового покрытия на металлические детали.....	259
62. <i>Антонович В.О.</i> Контроль качества водок с помощью газохроматографического анализа.....	260
63. <i>Остапук О.Н.</i> Иммитационное моделирование рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.....	261

64. <i>Анисенко П.Н., Синкевич А.А.</i> Анализ основных технологических параметров извлечения фосфора из возвратных потоков очистных сооружений в виде струвита.....	262
65. <i>Булыга О.В.</i> Классификация территории Республики Беларусь по загрязнению атмосферы на основе кластерного анализа данных.....	263
66. <i>Разыкулыев Х.Д.</i> Способы переработки лабораторных отходов.....	264
67. <i>Елец И.Н.</i> Переработка отходов ЗАО «ВИТЭКС».....	266
68. <i>Санкевич Н.Л.</i> Получение оксида цинка из производственных отходов.....	267
69. <i>Лабковская С.А.</i> Обращение с осадками очистных сооружений канализации.....	268
70. <i>Трутько К.А.</i> Обращение с отходами, содержащими озоноразрушающие вещества.....	269
71. <i>Черепко А. О., Липпинг Я. А.</i> Влияние импульсного электролиза на осаждение сплава медь-олово.....	270
72. <i>Красовский А.С.</i> Определение катионов металлов в фильтрах после кислотной модификации глауконита.....	272
73. <i>Мацюсь М.Ю.</i> Коррозионное поведение покрытий на основе гидроксида никеля на поверхности алюминиевого сплава АД 1.....	274
74. <i>Осипенко М.А.</i> Анодирование в сернокислом и фосфорном электролитах с формированием модифицированных марганецсодержащих пленок на сплавах алюминия.....	275
75. <i>Делаков М.Н.</i> Электрохимическое осаждение никелевых покрытий при воздействии ультразвука.....	276

Научное издание

**Тезисы докладов  
71-й научно-технической конференции  
учащихся, студентов и магистрантов**

**Часть 2**

Электронный ресурс

В авторской редакции

Компьютерная верстка: *И.В. Карпова, Е.О. Черник*

Усл. печ. л. 16,57. Уч.-изд. л. 17,1.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№1/227 от 20.03.2014

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.