

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
**ГКНТ**  
ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ



Белорусско-Литовская биржа деловых контактов  
«Тенденции интеграции образования,  
науки и бизнеса»

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Минск, 27-28 ноября 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет  
Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

**ТЕНДЕНЦИИ ИНТЕГРАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И БИЗНЕСА**

Сборник материалов  
Белорусско-Литовской биржи деловых контактов

27–28 ноября 2014 года

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 082 (476+474.5) (06)  
ББК 72 (4Бел+4Лит) я43  
Т 33

В сборник включены материалы Белорусско-Литовской биржи деловых контактов «Тенденции интеграции образования, науки и бизнеса» по следующим направлениям: медицина, медицинская техника и оборудование, фармацевция и промышленные биотехнологии, фотоника и лазерные технологии, экология, ресурсо- и энергосберегающие технологии, новые материалы, информационно-коммуникационные технологии, инновационные технологии в сельском хозяйстве, а также отдельные результаты совместных проектов и предложение к сотрудничеству, гуманитарные и социальные исследования.

## Содержание

<b>Секция «Медицина, медицинская техника и оборудование, фармацевтика и промышленные биотехнологии»</b> .....	<b>6</b>
Применение методов ионизирующего и неионизирующего излучения в медицине и в биотехнологии. <i>S. Mickevičius, S. Šatkauskas, D. Adlienė</i> .....	6
Биокompозит иммобилизованной на функциональных наноматериалах глюкозооксидазы – основа глюкозных биосенсоров с улучшенными характеристиками. <i>P.В. Михайлова, Т.В. Семашко, А.Г. Лобанок, А.А. Шедько, О.Д. Демешко, Н. Герман, А. Каусайте, А. Раманавичус</i> .....	9
Синтетические алмазы СТМ «Алмазот» и приборные структуры на их основе. <i>Н.М. Казючиц, Л.Ф. Макаренко, М.С. Русецкий, Я.И. Латушко</i> . 12	
Роль экспрессии гена ERCC 1 в определении прогноза и эффективности химиотерапии у радикально оперированных пациентов с немелкоклеточным раком легкого. <i>С.Ю. Смирнов, А. М. Пашкевич, А.С. Бабенко, Р.М. Смолякова</i> .....	15
Растительные субстанции иммуностимулирующего и противоопухолевого действия на основе полипептидов семейства фитолектинов: исследование и разработка подходов для использования. <i>О.Л. Канделинская, Е.Р. Грищенко, Н.А. Шуканова, Т.В. Шман, Е.П. Вашкевич, А.Д. Таганович, Е.А. Девина, В.Ю. Афонин, С.Э. Огурцова, М.В. Анисович, П.Н. Белый, Т.С. Казакова, Т.А. Марченко, Н. Савицкене, Ю. Бернатонене, А. Савицкас</i> ..	18
Получение биологически активных веществ из гречихи посевной ( <i>Fagopyrum esculentum</i> Mill.). <i>Е.А. Флюрик, В.Н. Клинецвич</i> .....	21
<b>Секция «Фотоника и лазерные технологии»</b> .....	<b>23</b>
Белорусско-литовское научно-практическое сотрудничество в области терагерцовой оптики, нанофотоники и оптической спинтроники. <i>О.Х. Хасанов, О.М. Федотова, Е. Гайжаускас, В. Вайчайтис</i> .....	23
Биомедицинские сенсоры для неинвазивной диагностики биохимии крови и биологической ткани и идентификации лекарственных препаратов. <i>В.А. Саечников, Э.А. Чернявская, А.В. Саечников, А. Ostendorf</i> .....	25
Снижение тепловой контрастности объектов пленками наноструктурированного анодного оксида алюминия. <i>И.А. Врублевский, К.В. Чернякова</i> .....	28
<b>Секция «Экология, ресурс- и энергосберегающие технологии»</b> .....	<b>30</b>
Эффективные поглотители нефтепродуктов: изделия и автоматизированный комплекс для их производства. <i>В.С. Васильева, С.В. Выдумчик, О.О. Гавриленко, М.А. Ксенофонов, Л.Е. Островская</i> .....	30
Сорбционные материалы для очистки сточных вод от фосфатов из местного природного сырья и отходов. <i>Е.Г. Сапон, В.Н. Марицуль</i> .....	33
Получение соединений лантана и сорбционного материала из отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти. <i>В.Н. Марицуль, И.Ю. Козловская</i> .....	35
Очистка сточных вод и получение корма для сельскохозяйственных животных на основе водного гиацинта (эйхорния, <i>Eichhornia crassipes</i> ). <i>Е. А. Флюрик</i> .....	37

О направлениях совместных исследований «Беларусь–Литва» в области использования биологических отходов. <i>А.В. Вавилов, Э.Б. Переславцев</i> .....	39
Рециклинг полимерных отходов. <i>Н.Р. Прокопчук, Р.М. Долинская</i> .....	41
Основные направления молекулярно-генетических исследований лесных видов растений и фитопатогенных микроорганизмов Беларуси и Литвы. <i>О.Ю. Баранов, В.М. Балюцкас, А.А. Захилько</i> .....	44
Стимуляция метаболизма и фунгицидной защиты растений методами предпосевной плазменно-радиоволновой обработки семенного и посадочного материала. <i>В.В. Ажаронок, В.А. Люшкевич, И.И. Филатова, А.Г. Жуковски, Г. Паужайте, А. Станкевичене, В. Снешкене, В. Милдажене</i> .....	46
Хроностратиграфическая корреляционная схема плейстоцена Беларуси и Литвы. <i>А. К. Карабанов, В. Балтрунас, Т.Б. Рылова, В. Шейрене, И.Е. Савченко, Б. Кармаза, Д. Киселене, В.Катинас</i> .....	49
Перспективные направления инновационного развития проектирования и производства металлических конструкций. <i>И.М. Кузменко, В.М. Фридкин, Н.С. Сыса</i> .....	52
Абразивный инструмент повышенной стойкости на легкоплавкой керамической связке. <i>М.П. Купреев, Е.Н. Леонович</i> .....	55
Реверсивно-струйная энергосберегающая технология очистки и защиты от коррозии стальных поверхностей. <i>И.В. Качанов, А.Н. Жук</i> .....	58
Компьютерное моделирование ресурсосберегающей технологии скоростного горячего выдавливания биметаллического инструмента. <i>И.В. Качанов, В.В. Власов, С.А. Ленкевич, А.А. Рубченя</i> .....	61
Ресурсосберегающая технология производства плитки для внутренней облицовки стен. <i>Ю.Г. Павлюкевич, С.К. Мачучко</i> .....	64
<b>Секция «Новые материалы»</b> .....	<b>67</b>
Огнеупорные материалы, предназначенные для эксплуатации в экстремальных условиях. <i>Валентин Антонович, Римвидас Стонис, Александр Волочко, Кирилл Подболотов</i> .....	67
Защитно-упрочняющее огнеупорное керамическое покрытие. <i>К.Б. Подболотов, Р.Ю. Попов</i> .....	70
Синтез нанокристаллических сегнетоэлектрических керамических материалов путем экзотермического взаимодействия в растворах органосолевых композиций. <i>К.Б. Подболотов, А.А. Хорт</i> .....	72
Исследование процессов формирования микроструктуры проницаемой высокоглиноземистой керамики для микро- и ультрафильтрации дисперсных гидросистем. <i>Ю.Г. Павлюкевич, Н.Н. Гундилович</i> .....	74
Полифункциональные термостойкие композиционные материалы на основе фосфатных связующих. <i>К.Н. Лапко</i> .....	77
Преобразование литейных металлов и сплавов в композиционные материалы. <i>Ю.С. Ушеренко</i> .....	80
Волокнистые иониты ФИБАН, получение и применение. <i>А.П. Поликарпов, А.А. Шункевич</i> .....	82

Перспективы развития химии анизотропных (жидкокристаллических) материалов и их практического использования. <i>В.С. Безбородов, С.Г. Михаленок, Н.М. Кузьменок, В.И. Лапаник, Г.М. Сосновский</i> .....	85
Исследования в области компьютерного моделирования свойств перспективных материалов и технологических процессов микро- и нанoeлектроники. <i>В.Р. Стемпицкий, М.С. Зеленина, О.А. Козлова</i> .....	88
Моделирование тепловых и электронных процессов в наноструктурах. <i>В.И. Белько, Л.Ф. Макаренко</i> .....	91
<b>Секция «Отдельные результаты совместных проектов и предложения к сотрудничеству. гуманитарные и социальные исследования»</b> .....	94
Белорусско-литовский проект оптимизации профессионально-квалификационных структур образования на основе международных классификаций объектов в сферах образования, экономики и занятости. <i>О.А. Олекс</i> .....	94
НИИ прикладных проблем математики и информатики: результаты деятельности в области ИКТ. <i>Ю.С. Харин, Е.Н. Мельникова</i> .....	97
Специфика молодежи как субъекта социокультурного пространства в условиях глобализации и информатизации современного общества. <i>И.В. Лашук</i> .....	100
Опыт, проблемы и перспективы совместной подготовки кадров на второй ступени высшего образования Белорусским государственным технологическим университетом (БГТУ) и Вильнюсским техническим университетом имени Гедиминаса (ВТУГ). <i>И.М. Жарский, А. Данюнас, А. Каклаускас, О.Б. Дормешкин, С.А. Касперович, Н.Г. Синяк</i> .....	103
Подготовка магистров по программе «Инновационный менеджмент и технологии». <i>Римантас Сташис</i> .....	106
Инновации преподавания дисциплины «Управление инновационных проектов». <i>Юлюс Раманаускас</i> .....	109
О разработке диагностической программы кризис-состояния производственного предприятия. <i>А.К. Болдак</i> .....	112
<b>Секция «Информационно-коммуникационные технологии»</b> .....	114
Управление транспортными потоками города на базе информационных технологий. <i>В.Н. Шуть</i> .....	114
<b>Секция «Инновационные технологии в сельском хозяйстве»</b> .....	117
Разработка способа получения катионного крахмала экструзионным методом с использованием эпоксидного модификатора. <i>В.В. Москва, Иоана Бендорайтене</i> .....	117

**СЕКЦИЯ**  
**«МЕДИЦИНА, МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА**  
**И ОБОРУДОВАНИЕ. ФАРМАЦИЯ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ**  
**БИОТЕХНОЛОГИИ»**

**Применение методов ионизирующего и неионизирующего  
излучения в медицине и в биотехнологии**

S. Mickevičius<sup>1,2</sup>, S. Šatkauskas<sup>1</sup>, D. Adlienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Faculty of Natural Sciences, Vytautas Magnus University, Vileikos str. 8,  
LT-44404, Kaunas, Lithuania*

<sup>2</sup> *Department of Physics, Kaunas University of Technology, Studentų str. 50,  
LT-51368, Kaunas, Lithuania*

*Email: [saumic@ktu.lt](mailto:saumic@ktu.lt)*

Одним из основных направлений научных исследований нашей группы является применение ионизирующего излучения с точки зрения науки, технологий и медицины. В настоящее время мы сосредоточены на разработке новых методов оценки дозы излучения, допустимой при лучевой терапии, новейших наноструктурированных материалов для широкого применения, используемых в детекторах радиационного излучения, а также оборудования, выполняющего роль защиты от радиации и не содержащего в себе свинец.

Мы разрабатываем методы оценки доз излучения *in vivo* для использования в брахитерапии, когда катетер вводится в область, поражённую раковой опухолью. Для достижения этой цели мы используем комплекс приборов, применяемых для экспериментальных методов дозиметрии: МОП-структурированные детекторы, термолюминесцентные дозиметры (стержневые, диаметр которых составляет не больше 1 мм, что позволяет ввести дозиметр такого типа в катетер), плёночные химические дозиметры (использование радиохромных дозиметрических плёнок и плёнок типа «Gafchromic»), приборы, используемые в гелевой и фотографическом методах дозиметрии. Также стоит отметить, что надёжность каждого из методов признаётся действительной при проведении процедуры оценки неопределённости результатов измерений и испытаний. Проверка значений теоретически допустимых доз излучения, основанная на экспериментальных методах и рассчитанная при помощи стандартной системы систематизирования и обработки данных, позволяет избежать определённых ошибок, связанных с использованием ионизирующего излучения.

На данный момент мы занимаемся разработкой новых структур полимерных гелей для методов дозиметрии, которые предоставляют визуальную информацию о радиационно-индуцированной полимеризации, обусловленной применяемыми дозами излучения. Их отличительной особенностью является то, что они чувствительны к малым дозам (например, к

0.01Гр или 0.1 Гр). Стоит отметить, что их структура остаётся стабильной не менее, чем в течение одного года. В то же время мы работаем над созданием оптических методов для оценивания доз излучения. По той причине, что традиционный метод оценки, применяемый при контроле медицинской визуализации (в частности, магнитно-резонансной томографии), является продолжительным по времени и дорогостоящим.

В соответствии с Директивой Европейского Парламента и Совета 2011/65/ЕС об ограничении использования определённых опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании, которая также ограничивает использование оборудования для медицинских целей, содержащего свинец, мы занимаемся разработкой наноструктурированных материалов, которые не содержат данный элемент. В дальнейшем они смогут заменить то оборудование, которое в настоящий момент используется для защиты от радиационного излучения. Разрабатываемые наноконструкции являются прозрачными (86-92%) и обеспечивают тот уровень безопасности, который эквивалентен свинцовым листам, используемым в интервенционной радиологии в качестве защиты от рассеянного излучения, толщина которых составляет от 0.5 мм до 1.0 мм.

Избирательная и контролируемая доставка лекарственных средств, а также генетического материала в клетки и ткани решает проблему, которая является значительной во многих областях биологии, в частности, в биотехнологии и медицине. Наша группа проводит исследования, используя два биофизических метода, основанных на увеличении проницаемости цитоплазматической мембраны, а именно: электропорацию и сонопорацию.

Во время клинических испытаний, связанных с методом электропорации, было доказано, что перенос генетического материала при помощи электрического поля эффективен при лечении пациентов с метастатической меланомой. По сравнению с широко распространёнными методами использования вирусных и химических векторов, перенос ДНК при помощи электрического поля оказался довольно простым, недорогим, нетоксичным и безопасным методом передачи чужеродного генетического материала внутрь клеток и тканей. Тем не менее, для того, чтобы достигнуть истинного успеха при использовании данного метода в клинических испытаниях, его эффективность, собственно, как и предсказуемость результата экспрессии генов, должна быть увеличена. Этому препятствует отсутствие чёткого понимания механизмов переноса генетического материала, и каким образом в итоге осуществляется эффективная трансфекция клеток и тканей. В нашей группе механизмы переноса ДНК при помощи электрического поля исследуются при помощи комбинации из краткой продолжительности по времени, высокого напряжения (HV) и длительной продолжительности, низковольтных (LV) импульсов.

В настоящее время предпочтение отдаётся натуральным высококачественным продуктам с ценным биохимическим составом и привлекательным внешним видом. Одним из методов обработки, не связанной



с термическими операциями, является метод импульсного электрического поля (PEF), следствием которого является электропорация клеток и тканей. Во время процесса электропорации, вызываемой действием импульсного электрического поля, перенос массы продукта значительно усиливается, в результате чего извлечение внутриклеточных биологически активных веществ происходит намного легче. По этой причине электропорация позволяет увеличить процент выхода сока и/или снизить расход энергетических ресурсов. Поскольку продолжительность действия импульсного электрического поля достаточно коротка, тепловые либо иные побочные эффекты имеют незначительный характер, и, следовательно, биологически активные соединения не теряют своих свойств. Таким образом, наша цель состоит в том, чтобы исследовать метод электропорации для повышения извлечения биологически активных соединений и получения большего количества питательного сока из пищевого сырья, а также подбор оптимальных количественных и качественных параметров извлечения. Фундаментальные исследования импульсного электрического поля осуществляется на клеточном и тканевом уровнях организации растений.

Подобно действию электрического поля, ультразвук высокой интенсивности (US) может значительно увеличить проницаемость цитоплазматической мембраны. Данный процесс имеет название клеточной сонопорации. Считается, что результатом клеточной сонопорации является кавитация, которая, в свою очередь, является причиной возникновения микропузырьков (МВ). При низкой интенсивности ультразвука МВ либо не реагируют на него, либо начинают колебаться, сохраняя некоторую величину радиуса постоянной, в течение времени многих циклов. Данный процесс называется стабильной кавитацией. При увеличении интенсивности ультразвука амплитуда колебаний МВ возрастает, что приводит к коллапсу МВ, либо к соноразрушению. Это, в свою очередь, приводит к образованию высокоэнергетичных ударных волн и микроструй. Этот процесс называется инерционной кавитацией. Считается, что сонопорация может быть результатом как стабильной, так и инерционной кавитации.

Поры, сформированные в процессе сонопорации на поверхности цитоплазматической мембраны, могут закрыться. Таким образом сонопорация может быть обратимой. Сонопорация позволяет перенести во внутриклеточное пространство различные экзогенные молекулы. Ключевой движущей силой для доставки молекул с помощью данного метода является градиент концентраций. Однако также было замечено, что помимо влияния градиента концентраций процесс переноса зависит от кавитации микропузырьков, которая является причиной микропотоков, ударных волн и микроструй.

## **Биокомпозит иммобилизованной на функциональных наноматериалах глюкозооксидазы – основа глюкозных биосенсоров с улучшенными характеристиками**

*Р.В. Михайлова, Т.В. Семашко, А.Г. Лобанок, А.А. Шедько, О.Д. Демешко*  
*Институт микробиологии НАН Беларуси*

*Н. Герман<sup>1</sup>, А. Каусайте<sup>2</sup>, А. Раманавичус*

*<sup>1</sup>Государственный научно-исследовательский институт «Центр  
Инновационной медицины», Вильнюс*

*<sup>2</sup>Факультет химии, Вильнюсский университет, Вильнюс*

Решение медико-социальных задач, обусловленных проблемой сахарного диабета, в значительной степени связано с разработкой современных методов контроля уровня глюкозы в крови – одного из самых распространенных тестов, выполняемых клинико-диагностическими лабораториями. Наиболее перспективные направления развития диагностических и биоаналитических методов исследования основаны на биосенсорных технологиях. Сегодня на мировом рынке биосенсорных систем доля глюкозных анализаторов составляет 85 %. Исследования разработчиков и производителей глюкозных биосенсоров или биоэлектрохимических глюкозных датчиков сконцентрированы на улучшении их эксплуатационных характеристик.

В настоящее время инновационным направлением в технологиях биосенсоров являются нанотехнологии, позволяющие улучшить характеристики биорецепторных элементов датчиков с помощью новых наноматериалов. Спектр наноматериалов, используемых в сенсорах, достаточно широк. Благодаря своим размерам (1 - 100 нм), наночастицы обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые необходимы для создания нового поколения сенсорных устройств. При разработке биосенсоров на глюкозу широко используются наночастиц металлов, поскольку они обладают хорошими электрокаталитическими свойствами. Это наноструктуры на основе инертных металлов (Pt, Au, Ag, Ni), металлических сплавов, содержащих Pt, Au, Pb, Ir, Ru, Cu, Pd, и оксидов металлов (ZnO, CuO, Cu<sub>2</sub>O, MnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Биосенсоры, сконструированные на основе вышеуказанных наночастиц, характеризуются высокой селективностью, чувствительностью, быстрым временем отклика и стабильностью. Наночастицы используют как для модификации трансдьюсера, так и для иммобилизации фермента. Значительное количество исследований посвящены конструированию биосенсоров на основе наночастиц золота.

Цель данной работы - разработать на основе глюкозооксидазы и наночастиц золота биорецепторный элемент, обеспечивающий улучшение эксплуатационных характеристик глюкозного биосенсора.

Для выполнения указанной цели первоначально проведен сравнительный анализ препаратов глюкозооксидаз (ГО) грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium*:

ГО *A. niger* (Roche, Франция), ГО *A. niger* (Biozyme, США), ГО *A. niger* (Fluka, США) и отечественных: ГО *P. adametzii* (Институт микробиологии НАН Беларуси), ГО *P. funiculosum* (Институт микробиологии НАН Беларуси). Установлено, что удельная активность ГО грибов рода *Aspergillus* составила 130,5, 129,3 и 164,6 ед/мг белка, а ферментов грибов рода *Penicillium* – 95,2 и 120,6 ед/мг белка соответственно. Таким образом, ГО грибов рода *Penicillium* характеризовались более низкой в 1,1-1,7 раза удельной активностью.

Электрофоретический анализ вышеуказанных ферментных препаратов в присутствии додецилсульфата натрия показал наличие минорных полос сопутствующих белков наряду с доминирующими белковыми зонами ГО. Количество примесных белков в препаратах ГО *A. niger* было на 30-35 % меньше, чем в препаратах ГО *P. adametzii* и *P. funiculosum*. При этом каталаза, примесный белок, мешающий электрохимическим исследованиям, была обнаружена только в ферментных препаратах фирм Roche и Biozyme.

Согласно результатам изоэлектрофокусирования ГО грибов рода *Aspergillus* представлены одной молекулярной формой фермента (pI 4,3-4,4), ГО *P. adametzii* имеет 3 формы, а ГО *P. funiculosum* – 4 (pI 4,4-4,8).

Установлено, что несмотря на более низкую удельную активность ГО грибов рода *Penicillium*, эти ферменты характеризуются более высокой эффективностью связывания глюкозы. Данный показатель (kkat/Km) был в 1,3-2,1 раза, выше, чем у коммерческих ферментов. Для дальнейших исследований отобраны ГО *P. adametzii*, *P. funiculosum* и *A. niger* (фирма Fluka, США).

Исполнителями проекта - сотрудниками Вильнюсского университета были синтезированы и охарактеризованы наночастицы золота размером 3, 6, 13, 50 нм. Определено, что введение в препараты ГО наночастиц золота (3-13 нм) практически не влияет на эффективность окисления субстрата ферментами, а включение в препараты 50 нм наночастиц уменьшает данный показатель на 32-35,9 %.

Установлено также, что максимальная сила тока отмечается при применении электродов, сконструированных на основе ГО, иммобилизованных на наночастицах размером 3-13 нм. При этом лучшие результаты (74-118  $\mu$ A) получены при использовании в качестве ферментного препарата ГО *P. funiculosum*, который был выбран для дальнейшей работы.

С целью определения оптимального состава биокompозита глюкозного биосенсора проведен анализ влияния медиаторов (1,10-phenentrolin-5,6-dione, 9,10-phenentrenequinone, phenazine methosulphate, tetrathiafulvalene) на физико-химические, спектральные и каталитические свойства иммобилизованной на наночастицы золота (3-13 нм) ГО *P. funiculosum*.

Установлено, что медиаторы повышают на 2-44 % сродство иммобилизованного фермента к глюкозе и эффективность ее окисления. Максимальное повышение достигнуто при комбинации ГО *P. funiculosum* с 1,10-phenentrolin-5,6-dione и наночастицами золота размером 3 и 6 нм.

Спектрофлуориметрически определено, что медиаторы и наночастицы практически не влияют на спектр возбуждения белка. При исследовании

спектра испускания биоконпозитов, содержащих ГО *P. funiculosum* и наночастицы, наблюдалось уменьшение его интенсивности на 3,2-14,1 %. Дополнение биоконпозитов медиаторами приводило к снижению данного показателя на 18,8-82,8 %. Полученные результаты свидетельствуют о конформационных изменениях в структуре апофермента. Наименьшие изменения в конформации белка отмечены при использовании 1,10-phenentrolin-5,6-dione в качестве медиатора.

Анализ термостабильности полученных биоконпозитов показал, что, независимо от используемых наночастиц, по стабильности можно выделить конпозиты, содержащие ГО *P. funiculosum* и медиаторы - 1,10-phenentrolin-5,6-dione, 9,10-phenentrenequinone, tetrathiafulvalene, константы термоинактивации в данных случаях составляли  $(1,07-1,31) \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Лучшая операционная стабильность (23,5-27,1 суток) получена для конпозитов, состоящих из ГО *P. funiculosum*, медиаторов 1,10-phenentrolin-5,6-dione и 9,10-phenentrenequinone. Максимальный результат (27,1 суток) наблюдался при иммобилизации ГО *P. funiculosum* на наночастицы золота размером 6 нм и применении в качестве медиатора 1,10-phenentrolin-5,6-dione.

Таким образом, в результате выполнения исследований проведен сравнительный анализ свойств ГО грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium*, получены и охарактеризованы наночастицы золота, отобран эффективный медиатор, определен оптимальный состав биоконпозита глюкозного сенсора: ГО *P. funiculosum* и 1,10-phenentrolin-5,6-dione, иммобилизованные на 6 нм золотые наночастицы.

## Синтетические алмазы СТМ «Алмазот» и приборные структуры на их основе

*Н.М. Казючич, Л.Ф. Макаренко, М.С. Русецкий, Я.И. Латушко*  
*Белорусский государственный университет, 220030, г. Минск*  
*e-mail: [kazuchits@bsu.by](mailto:kazuchits@bsu.by)*

Алмаз характеризуется плотной упаковкой атомов и прочными межатомными связями в кристаллической решетке, которые обеспечивают его высокую химическую и радиационную стойкость. Тканеэквивалентность алмаза позволяет непосредственно измерять поглощенную дозу радиации без соответствующей коррекции на природу материала детектора. Высокие значения подвижности и скорости насыщения носителей заряда наряду с низким значением их времени жизни определяют высокое быстродействие электронных приборов на основе алмаза. Большая ширина запрещенной зоны алмаза (5,5 эВ) обеспечивает малые токи утечки и низкий уровень шума приборов. Совокупность этих характеристик делает алмаз привлекательным для изготовления детекторов ультрафиолетового (УФ) и ионизирующих излучений [1].

Кроме того теплопроводность структурно совершенных алмазов при комнатной температуре в 5 раз превышает теплопроводность меди [2]. При этом изолированные атомы азота, замещающие углерод в узлах кристаллической решетки, слабо влияют на значения теплопроводности. Поэтому синтетические алмазы могут быть использованы для создания эффективных теплоотводов и быстродействующих терморезисторов.

Цель работы – создание экспериментальных образцов терморезисторов, детекторов ультрафиолетового и ионизирующих излучений на основе синтетических алмазов производства РУП «Адамас», Минск, Беларусь.

Для изготовления приборных структур использовались монокристаллы синтетического алмаза, выращенные методом высоких давлений и высоких температур [3]. Торговая марка продукции – сверхтвердый материал (СТМ) «Алмазот».

Из кристаллов изготавливали полированные плоскопараллельные пластины толщиной около 300 мкм. С использованием имплантации ионов бора и последующего активационного отжига на пластины наносили контакты. Структуры со сплошными контактами на обеих поверхностях пластин создавались для регистрации глубоко проникающих ионизирующих излучений. Для регистрации УФ излучений использовались контакты встречно-штыревого типа, нанесенные на одну из поверхностей пластины. Термочувствительный слой в терморезисторах создавали имплантацией ионов фосфора по описанной в [4] технологии.

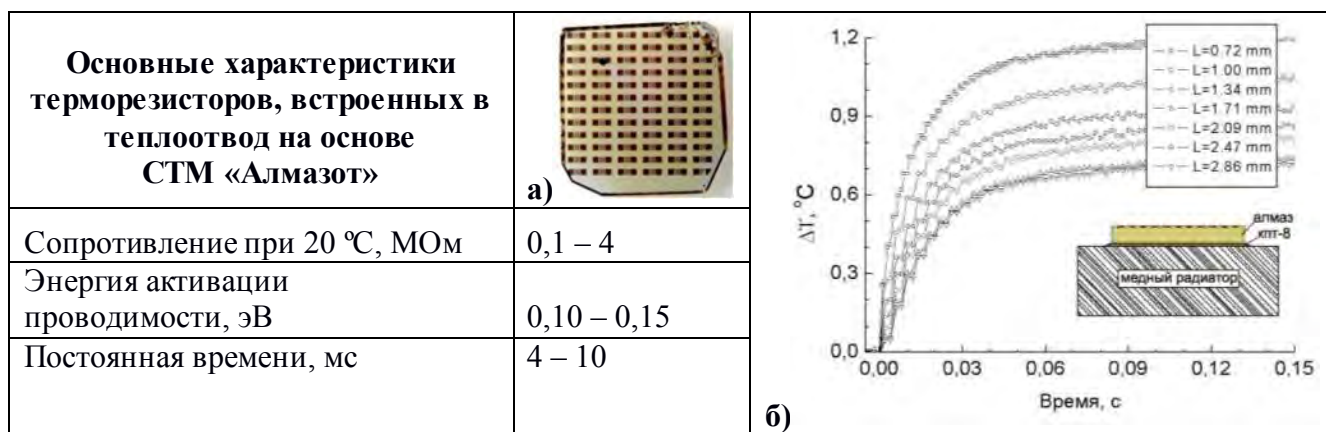


Рис. 1. Фотография пластины СТМ «Алмазот» с матрицей терморезисторов – а) и кинетики разогрева алмазного теплоотвода на различных расстояниях от «точечного» нагревателя мощностью 1 Вт – б). На вставке показана конструкция теплоотвода

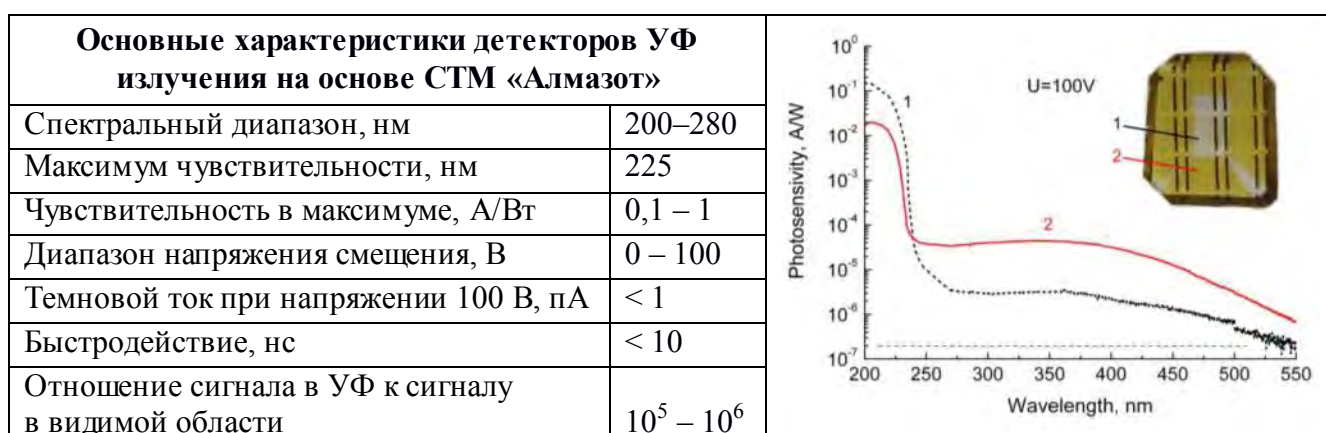


Рис. 2. Спектральная чувствительность детекторов на основе СТМ «Алмазот» с низким (кривая 1) и высоким (кривая 2) содержанием азота. На вставке – фото тестовой структуры



Рис. 3. Зависимости тока фотоионизации от мощности дозы  $\gamma$ -квантов для детекторов на основе СТМ «Алмазот» и природного алмаза типа IIa

Нами (совместно с сотрудниками Вильнюсского университета) проведены исследования распределения примесей и дефектов в синтетических алмазах СТМ «Алмазот» [5, 6], и установлена корреляция между примесно-дефектным составом и основными эксплуатационными характеристиками приборных

структур. Показано, что детекторные структуры дозиметров, импульсных детекторов и фотоприемников УФ диапазона, изготовленные из специально отобранных СТМ «Алмазот», имеют высокие эксплуатационные характеристики, сопоставимые с характеристиками детекторов на основе природных алмазов типа IIa [7]. Отмечены некоторые проблемы при создании спектрометрических детекторов на основе СТМ «Алмазот». На основе проведенных исследований выработаны критерии отбора синтетических алмазов СТМ «Алмазот» «детекторного качества».

#### **Список использованных источников**

1. R. J. Tapper. *Rep. Prog. Phys.* – 2000. V. 63. P. 1273–1316.
2. Физические свойства алмаза. Справочник / Киев. Наукова думка. 1987. 189 с.
3. [www.adamas.by](http://www.adamas.by).
4. M.S. Rusetsky, N.M. Kazuchits, E.V. Naumchik / 4th International Conference «Radiation interaction with material and its use in technologies» May 14 – 17, 2012, Kaunas, p. 320–323.
5. Н.М. Казючиц, А.В. Коновалова, И.И. Азарко и др. / Неорганические материалы. – 2014. – Т. 50. – № 2. – С. 144–149.
6. E. Gaubas, T. Ceponis, A. Jasiunas, V. Kalendra, J. Pavlov, N. Kazuchits, E. Naumchik, M. Rusetsky / *Diamond and Related Materials* – 2014. V. 47. P. 15–26.
7. Н.М. Казючиц, Л.Ф. Макаренко, Е.В. Наумчик, М.С. Русецкий, А.С. Шуленков / Труды XXIII Международной конференции «Радиационная физика твердого тела», Севастополь, 8 – 13 июля 2013 г. – М.: ФГБНУ «НИИ ПНТ», 2013. – С. 446–453.

## **Роль экспрессии гена ERCC 1 в определении прогноза и эффективности химиотерапии у радикально оперированных пациентов с немелкоклеточным раком легкого**

*С.Ю. Смирнов, А. М. Пашкевич, А.С. Бабенко, Р.М. Смолякова  
РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова*

*Минск, Беларусь*

*e-mail: [smol60@mail.ru](mailto:smol60@mail.ru)*

Заболеваемость раком легкого во многих странах мира за последние 50 лет имеет неуклонную тенденцию к росту. В настоящее время в большинстве развитых стран рак легкого (РЛ) является наиболее распространенной формой опухоли у мужчин и одной из важнейших медицинских и социально-экономических проблем. Основной причиной смерти является прогрессирование заболевания. Немелкоклеточный рак легкого (НМРЛ) составляет около 85% всех случаев заболевания раком легкого. К моменту установления диагноза более 70% всех пациентов имеют неоперабельный местно-распространенный или метастатический процесс. Эффективность лечения пациентов с данной патологией остается очень низкой.

Химиотерапия препаратами платины представляет собой стандартный метод лечения НМРЛ. Однако в настоящее время достигнуто «плато» в эффективности проводимого химиотерапевтического лечения. Принципиально новым подходом, способствующим улучшению результатов лечения пациентов с раком легкого, является тактика индивидуализации терапии, возможность говорить о которой появилась с внедрением молекулярно-генетических исследований и началом определения генов-мишеней в опухолевой ткани.

Механизм действия производных платины связан с нарушением функции нитей ДНК и образованием внутри- и межспиральных сшивок, в результате чего нарушается структура и подавляется синтез ДНК. Основная роль в восстановлении структуры ДНК после повреждающего воздействия платины отводится системе нуклеотидной эксцизионной репарации (NER: nucleotide excision repair), ключевым ферментом которой является ERCC1.

**Целью** настоящей работы является установление клинической значимости уровня экспрессии гена ERCC1 в определении прогноза заболевания и ответа на химиотерапию у радикально оперированных пациентов, страдающих немелкоклеточным раком легкого.

**Материалы и методы.** Материалом исследования послужили 78 образцов опухолевой ткани пациентов с раком легкого I–IIIА стадии. Диагноз установлен на основании классификации ВОЗ и подтвержден патологами РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова. Ни один из пациентов не получал лучевую терапию или химиотерапию до операции. Молекулярно-генетическое исследование



проводилось методом ПЦР в режиме «реального времени». В качестве референсного гена использовали RNA18S5. Оценка экспрессии гена ERCC1 проведена с использованием метода  $-2\Delta\Delta Ct$ . Для получения значений  $C_r$  использовали метод максимума второй производной кривых флуоресценции образцов. В качестве контроля использовались образцы нормальной ткани легкого 49 пациентов.

**Результаты:** Количественные данные ПЦР получены для всех образцов НМРЛ. Установлено, что относительный уровень экспрессии гена ERCC1 колебался в пределах от 0,028 до 304,1 отн. ед.

Уровень экспрессии ERCC1 превысил верхнее пороговое значение (4,06 отн. ед.) у 30 (38,46%) пациентов. Гипоэкспрессия гена ERCC1 ( $\Delta\Delta Ct$  меньше 0,25 отн. ед.) детектирована у 11 (14,1%) пациентов. У 37 (42,31%) пациентов уровень экспрессии гена ERCC1 находился в пределах нормы (0,25– 4,06 отн. ед.).

Установлено статистически значимое различие по частоте встречаемости пониженного уровня экспрессии гена ERCC1 в группе пациентов со IIА стадией заболевания (37,5%) в сравнении с IA стадией (4,76%) ( $p < 0,05$ ). Анализ частот встречаемости гипер- и гипоэкспрессии гена ERCC1 в зависимости от стадии НМРЛ с учетом гистологического типа опухоли показал увеличение процента образцов с пониженной экспрессией гена ERCC1 в группе аденокарцином легкого со степенью распространенности процесса (I ст. – 4,76%, II ст. – 20,0%, III ст. – 33,3%).

При анализе частот встречаемости гипер- и гипоэкспрессии гена ERCC1 у пациентов с НМРЛ в зависимости от степени распространенности первичной опухоли согласно TNM классификации, обнаружено статистически значимое преобладание частоты встречаемости пониженной экспрессии исследуемого гена в группе T2 (19,15%) в сравнении с группами T1 (7,14%) и T3 (0,0%) ( $p < 0,05$ ).

В результате анализа полученных результатов взаимосвязь уровня экспрессии гена ERCC1 с возрастом и полом пациентов не обнаружена.

Прогрессирование заболевания (развитие отдаленных метастазов) в течение года с момента постановки диагноза отмечено у двоих пациентов (2,4% от общего числа пациентов), в обоих случаях опухолевая ткань характеризовалась пониженным уровнем экспрессии гена ERCC1 (18,2% от случаев гипоэкспрессии гена ERCC1). В результате статистической обработки данных установлена достоверно значимая связь между гипоэкспрессией гена ERCC1 и риском метастазирования ( $r$  Спирмена = 0,552;  $p < 0,01$ ). Предварительный анализ не выявил прогрессирования заболевания среди обследованных пациентов группы химиотерапии ( $n=16$ ).

**Выводы:** В результате исследования установлено, что пониженный уровень экспрессии гена ERCC1 достоверно чаще встречается у пациентов с IIА стадией заболевания, чем у пациентов с IA стадией, что возможно является объяснением низкой чувствительности к препаратам платины НМРЛ на ранних стадиях заболевания, продемонстрированной в ряде клинических испытаний.

Также обнаружено статистически значимое преобладание частоты встречаемости гипоэкспрессии исследуемого гена при T2 степени распространенности первичной опухоли. Полученные результаты могут объяснить повышенную частоту встречаемости гипоэкспрессии гена ERCC1 при второй стадии заболевания (статистически значимую для 2A стадии), поскольку большинство пациентов с данной стадией заболевания имеют степень распространенности первичной опухоли T2 согласно TNM классификации. Использование для анализа размера опухоли, а не клинической стадии позволяет более достоверно выявить различия между группами пациентов по частоте встречаемости гипоэкспрессии гена ERCC1.

В результате исследования установлена статистически значимая связь между гипоэкспрессией гена ERCC1 и риском метастазирования ( $r$  Спирмена = 0,552;  $p < 0,01$ ). Таким образом, экспрессия гена ERCC1 может являться независимым прогностическим маркером прогрессирования заболевания (развитие отдаленных метастазов) в группе пациентов без адьювантной химиотерапии.

**Растительные субстанции иммуностимулирующего  
и противоопухолевого действия на основе полипептидов  
семейства фитолектинов: исследование и разработка подходов  
для использования**

*О.Л. Канделинская<sup>1</sup>, Е.Р. Грищенко<sup>1</sup>, Н.А. Шуканова<sup>2</sup>, Т.В. Шман<sup>3</sup>,  
Е.П. Вашкевич<sup>3</sup>, А.Д. Таганович<sup>4</sup>, Е.А. Девина<sup>4</sup>, В.Ю. Афонин<sup>5</sup>, С.Э. Огурцова<sup>5</sup>  
М.В. Анисович<sup>5</sup>, П.Н. Белый<sup>6</sup>, Т.С. Казакова<sup>7</sup>, Т.А. Марченко<sup>7</sup>, Н. Савицкене<sup>8</sup>,  
Ю. Бернатонене<sup>8</sup>, А. Савицкас<sup>8</sup>,*

<sup>1</sup>*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича,  
Национальная академия наук Беларуси*

<sup>2</sup>*Институт биофизики и клеточной инженерии, Национальная академия  
наук Беларуси*

<sup>3</sup>*Научно-практический центр детской онкологии, гематологии  
и иммунологии, Беларусь*

<sup>4</sup>*Белорусский государственный медицинский университет, Беларусь*

<sup>5</sup>*Институт биоорганической химии, Национальная академия наук Беларуси*

<sup>6</sup>*Центральный ботанический сад, Национальная академия наук Беларуси*

<sup>7</sup>*Белорусский государственный университет, Беларусь*

<sup>8</sup>*Литовский университет наук о здоровье, Литва, Каунас*

*e-mail: [okandy@yandex.ru](mailto:okandy@yandex.ru)*

Лекарственные растения дикорастущей и культурной флоры Европейского региона, особенно Литвы и Беларуси, представлены близким видовым и химическим составом. В справочниках по фармакопее среди биологически активных веществ растений указываются, в частности, алкалоиды, полифенолы, сапонины, флавоноиды, сердечные гликозиды, витамины и некоторые другие биомолекулы, однако отсутствуют сведения, касающиеся фармакологически значимых белков, таких как лектины, активность которых может сохраняться при различных технологиях обработки лекарственного растительного сырья, в том числе в сухом растительном сырье.

Лектины – это специфические белки неиммунной и неферментативной природы, которые, благодаря наличию углеводсвязывающих сайтов, обладают свойством обратимо и избирательно связывать углеводы и углеводные компоненты гликоконъюгатов. Вследствие этого, они могут принимать участие в процессах узнавания, обеспечения специфичности межмолекулярных взаимодействий; в процессах роста, размножения, фагоцитоза, иммунных и аллергических реакциях. Некоторые фитолектины обладают фунгистатическим действием, способны индуцировать секрецию инсулина, стимулировать интерфероногенез, проявлять противоопухолевую, противомикробную и противовирусную активность. Известно, что ряд лектинов лекарственных растений характеризуются иммуномодулирующим и цитостатическим действием. Появились данные об успешном использовании лектинов растений

в составе сборов при комплексном лечении псориаза, вирусных гепатитов В и С, сахарного диабета, герпеса. Некоторые фитолектины стимулируют деление лимфоцитов, обуславливая иммуномодулирующее действие данной группы белков. Показано также, что лектины, благодаря избирательному связыванию с углеводными детерминантами мембран опухолевых клеток, могут быть использованы в целях идентификации новообразований на начальных стадиях, прогнозирования опухолевой инвазии, контроля эффективности лечения. Анализ данных литературы свидетельствует о том, что применение лектинсодержащих лекарственных растений при различных воспалительных и вирусных заболеваниях не только сокращает длительность базовой терапии, но и повышает ее эффективность.

Цель исследований – идентификация, получение и исследование новых полипептидов семейства фитолектинов, и разработка подходов для их использования в качестве потенциальных иммуномодуляторов и цитостатиков.

В процессе работы Белорусской стороной проведены сбор, идентификация и скрининг 39 видов растений культурной и дикорастущей флоры Беларуси, принадлежащих к 15 семействам, по активности лектинов в различных органах растений. Установлено, что наибольшая активность лектинов характерна для подземной части растений и семян. Выявлены несколько перспективных видов, из которых в качестве источников получения лектинов для настоящей работы были выбраны лишайник цетрария исландская - *Cetraria Islandica* L., а также эхинацея пурпурная – *Echinacea purpurea* L. и чистотел большой - *Chelidonium majus* L. Белорусской стороной разработан способ получения из них препаратов фитолектинов. Показано, что экспериментальные образцы лектинов из эхинацеи (*Echinacea purpurea* agglutinin - EPA), чистотела (*Chelidonium majus* agglutinin - CMA) и цетрарии (*Cetraria islandica* agglutinin - CIA) обладали разной агглютинирующей активностью в отношении эритроцитов кролика, которую можно представить в следующей последовательности: EPA > CIA > CMA. EPA вызывал также агглютинацию эритроцитов человека в системе АВО, Rh<sup>+</sup> и Rh<sup>-</sup> независимо от пола, тогда как CMA не проявлял подобной активности. CIA взаимодействовал преимущественно с А-антигенами, агглютинируя эритроциты А (II) группы, Rh<sup>+</sup>, независимо от пола. Показано, что в опытах *in vitro* при одинаковой дозе EPA обладал более выраженной по сравнению с CMA иммуностимулирующей активностью в отношении иммунокомпетентных клеток - легочных макрофагов крыс; ЕК- и Т-клеток человека. Установлено, что препараты CIA и CMA характеризовались антипролиферативным действием в отношении клеток рака молочной железы человека (РМЖ), снижая их жизнеспособность, а также активность в них фермента ацетилхолинэстеразы, являющегося маркером клеточной дифференцировки. Показано, что ингибирующее влияние CIA на пролиферативную активность клеток РМЖ было сопоставимо с действием применяемых в клинической практике цитостатиков. Выявлены дозозависимые эффекты и индивидуальная чувствительность клеток РМЖ к действию CIA. Оценку токсичности препаратов фитолектинов проводили на лабораторных

мышцах линии ICR путем исследования острой токсичности после однократного перорального введения в определенных дозах. На примере препарата лектина СІА показано, что применение последнего не приводило к гибели животных. В ходе патологоанатомического исследования не выявлено патологических изменений внешнего вида и структуры органов, достоверных отличий массовых индексов органов у животных. Препарат СІА не приводил к гибели клеток в костном мозге и не вызывал альтераций в клеточном цикле. Согласно данным цитофлуориметрического анализа, препарат СІА стимулировал деление лимфоцитов и/или приводил к их аресту в клеточном цикле. Анализ тимоцитов также показал увеличение числа клеток с микроядрами. Отмечено увеличение гибели клеток, регистрируемых как гиподиплоидные апоптотические клетки. Полученные ДНК-тропные и цитотоксические эффекты находились в рамках нормы реакции тканей. Сделан вывод об отсутствии явных цитотоксических свойств СІА в костном мозге, периферической крови, селезенке и тимусе мышей после перорального введения.

В целях разработки подходов для практического использования полученных результатов Литовской стороной были изготовлены капсулы, в которые помещали препараты фитолектинов, полученные Белорусской стороной. Далее Белорусской стороной в экспериментах *in vitro* и *in vivo* было показано, что в составе капсул описанные выше иммуностимулирующее и противоопухолевое действие исследованных препаратов фитолектинов сохранялось.

Работа выполнена при поддержке гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (№ Б13ЛИТ-008 от 1 апреля 2013 г., протокол №2; Приказ ГКНТ РБ от 13.12.2012 г. № 427).

## Получение биологически активных веществ из гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Mill)

Е.А. Флюрик, В.Н. Клинецвич,  
Белорусский государственный технологический университет  
e-mail: [FlurikE@mail.ru](mailto:FlurikE@mail.ru)

**Введение.** Обеспечение населения лекарственными средствами относится к числу проблем, которые имеют важное социальное значение. В настоящее время, как в дальнем зарубежье, так и в странах СНГ усиливаются тенденции производства лекарственных средств на основе растительного сырья. По оценкам экспертов ВОЗ, в ближайшие 10 лет доля фитопрепаратов достигнет 60% от общего объема потребления.

Преимуществами фитопрепаратов являются: относительная безопасность действия; возможность рационального сочетания лекарственных растений между собой и с синтетическими средствами; ценовая доступность; лекарственные растения наиболее эффективны при функциональных расстройствах организма, легких формах заболеваний, для повышения лечебного эффекта специфической терапии, а также в ходе поддерживающего лечения; эффект большинства лекарственных растений, основан на их комплексном действии.

**Основная часть.** В настоящее время источником получения рутина в фармацевтической промышленности являются бутоны софоры японской *Sophora japonica* L., однако промышленная сырьевая база данного растения в Республике Беларусь отсутствует, поэтому потребность в препаратах на основе рутина удовлетворяется только за счет импорта.

В наших климатических условиях выращивание софоры японской не представляется возможным, поэтому решением данной проблемы может быть использование тех растений, которые хоть и в меньшем количестве содержат рутин, но произрастают на территории Республики Беларусь. Таким перспективным растением для выделения рутина, на наш взгляд, является гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench), довольно широко распространенная культура и в Беларуси, и за рубежом.

К тому же одним из возможных решений является использование в качестве источника выделения рутина – отходы, образующиеся при выращивании и переработке гречихи, так как ежегодно возобновляются огромные количества ценного растительного сырья. Данный тип отходов до сих пор эффективно не используется. А ведь именно отходы растениеводства являются источниками БАВ – микронутриентов – острый дефицит, которых испытывает современный человек, потребляющий рафинированную и неполноценную пищу. Дефицит микронутриентов (витаминов, микроэлементов и т. п.) приводит к резкому снижению резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды за счет нарушения функционирования систем антиоксидантной защиты и развития

иммунодефицитных состояний.

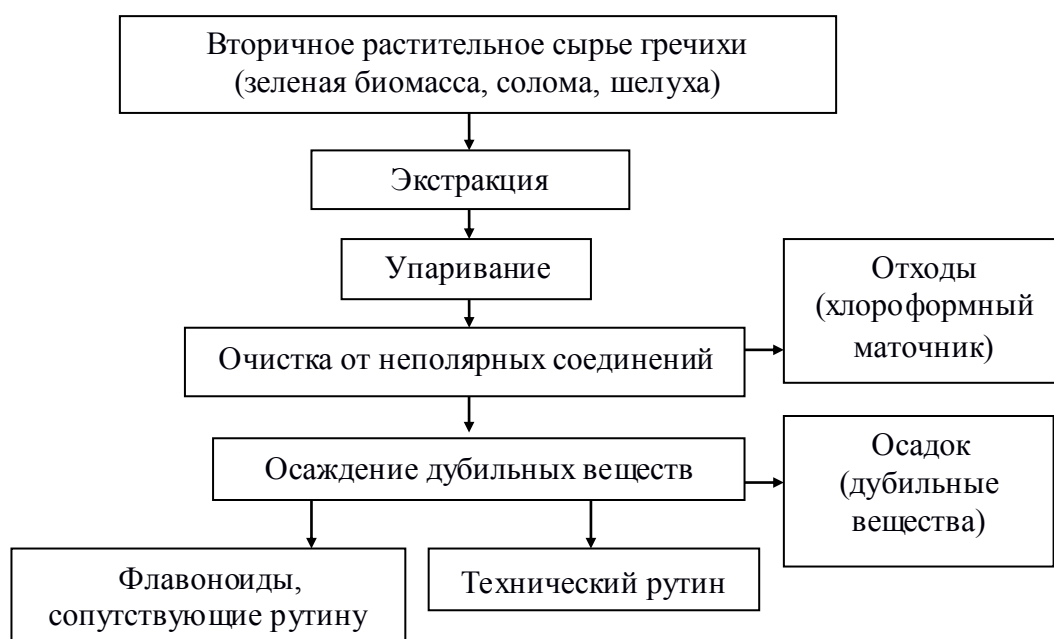


Рисунок – Схема получения технического рутина

Наши исследования, были направлены на определение возможности использования гречихи посевной *Fagopyrum esculentum*, культивируемой на территории Республики Беларусь, в качестве источника выделения рутина для производства витаминных комплексов и лекарственных препаратов фармакологического действия.

Для выделения флавоноидов (рисунок), в том числе и рутина из растительного сырья проводили трехкратную экстракцию (70% этанол). Полученное спиртовое извлечение концентрировали до 1/3 от исходного объема. Полученный остаток очистили от неполярных соединений. Затем 5%-ным раствором желатина удалили дубильные вещества.

**Заключение.** Все виды рода *Fagopyrum* содержат флавоноиды, основным является рутин, обладающий антиоксидантными, ангиопротекторными, антибактериальными, гепатопротекторными свойствами.

Проведенные исследования легли в основу предложенной нами технологии переработки отходов растительного сырья гречихи посевной с целью выделения рутина.

## СЕКЦИЯ «ФОТОНИКА И ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

### **Белорусско-литовское научно-практическое сотрудничество в области терагерцовой оптики, нанофотоники и оптической спинтроники**

*О. Х. Хасанов, О.М. Федотова, Е. Гайжаускас\*, В. Вайчайтис\**  
**Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению**  
**\*Вильнюсский университет**

Освоение терагерцового (ТГц) диапазона частот - одно из наиболее бурно развивающихся в настоящее время направлений фотоники и современных технологий. Интерес к этому спектральному диапазону чрезвычайно велик и определяется большим потенциалом возможных приложений. В ТГц-диапазоне лежат вращательные спектры многих органических молекул, включая колебания биологически важных коллективных мод ДНК и белков, а также фононные резонансы кристаллических решеток, что позволяет развивать новые методы спектроскопии и характеристики биологических и полупроводниковых структур, в том числе наноструктур, метаматериалов, полимеров, низкочастотных колебательных мод в кристаллах, новых синтезируемых материалов, включая органические. Высокий уровень ТГц-технологий позволит успешно решать задачи неразрушающего контроля и визуализация, спектроскопии отпечатков пальцев, мониторинга окружающей среды, быстродействующей оптической обработки сигнала. Применение устройств ТГц диапазона будет значительно расширяться за счет рынков медицины и микроскопии, так как, в отличие от рентгена, ТГц-излучение не ионизирует среду и не повреждает биомолекулы. Ведутся разработки по созданию терасканеров и терафотографов. Перспективны такие применения ТГц излучения, как астрономия, беспроводная телекоммуникация на коротких расстояниях, а в оборонном секторе - «теравидение» и высокотехнологичные системы безопасности объектов, которые позволят существенно снизить террористические угрозы и обеспечить правопорядок.

Рынок приборов ТГц-диапазона оценивается в 20 млрд \$.

Наиболее сложной проблемой является разработка эффективных методов генерации когерентного ТГц излучения. В этом диапазоне неприменимы хорошо разработанные физические принципы генерации оптического и СВЧ излучений. Доступные источники когерентного ТГц излучения являются маломощными, слабо перестраиваемыми и фактически покрывающими лишь отдельные узкие полосы частот. Поэтому разработка перестраиваемых источников мощного ТГц излучения является актуальной проблемой.

Научно-практическое сотрудничество белорусских и литовских коллег в области терагерцовой фотоники развивается с 2013 года. Предложены схемы



генерации импульсного терагерцового излучения с достаточно высокой эффективностью перекачки энергии фемтосекундных оптических импульсов в терагерцовые моды. Предложены методы когерентной терагерцовой спектроскопии молекулярных сред, полимеров, наноструктур и метаматериалов. Предсказаны солитонные режимы распространения терагерцовых разночастотных импульсов в связанном состоянии. Разработаны материалы, которые могут использоваться для терагерцовой генерации. В то же время остаются нерешенными проблемы генерации мощных терагерцовых импульсов, что связано с выяснением целого спектра процессов, одновременно участвующих в преобразовании мощных фемтосекундных импульсов ближнего инфракрасного спектрального диапазона в терагерцовое излучение. Для успешного решения указанной проблемы требуются дополнительные теоретические и экспериментальные исследования четырехволнового смешения фемтосекундных импульсов тераваттной мощности в таких средах, как воздух, аргон и ряде других газовых сред. Ожидается, что эффективность генерации терагерцового излучения может достигать 3%. С разработкой схем генерации мощного терагерцового излучения откроются перспективы развития терагерцовой фотоники и оптической спинтроники.

## **Биомедицинские сенсоры для неинвазивной диагностики биохимии крови и биологической ткани и идентификации лекарственных препаратов**

*В.А. Саечников<sup>1</sup>, Э.А. Чернявская<sup>1</sup>, А.В. Саечников<sup>1</sup>, А. Ostendorf<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, Беларусь*

*<sup>2</sup> LAT, Ruhr-Universitaet, Germany*

*e-mail: [saetchnikov@bsu.by](mailto:saetchnikov@bsu.by)*

Неинвазивная диагностика социально-значимых заболеваний человека – атеросклероза, диабета и онкологии относится к одной из актуальных современных медико-технических проблем. Бескровные, безболезненные методы определения холестерина и глюкозы в организме человека позволят не только проводить их определение непосредственно у постели больного или в момент первичного обращения пациента в поликлинику, что называют диагностика «point-of-care» или «домашняя диагностика», открывающая пути к ранней диагностике, эффективной профилактике и превентивному лечению атеросклероза, сахарного диабета и рака.

Значительная часть оптических неинвазивных методов контроля биохимического состава биологической ткани основано на регистрации обратно (диффузно) рассеянного излучения в биоткани, что в свою очередь обеспечивает получения ценной информации об изменении концентрации хромофоров биологической ткани и крови. При условии сложной, многослойной структуры биологической ткани и зависимости проникающей способности оптического излучения от длины волны, существенно повысить эффективность выделения сигнала диффузно рассеянного света на специфических хромофорах анализируемой биоткани при изменении ее толщины можно, осуществляя измерения на различных длинах волн при пространственном разнесении каналов возбуждения и регистрации.

Разработан сенсор неинвазивной диагностики биохимии крови и биологической ткани. Работа сенсора основана на комплексных исследованиях спектральных характеристик *in vivo* биологической ткани в видимой и в ближней ИК области: диффузного отражения объединенного с контролем температурной эмиссии. При этом измерения проводятся как в пассивном, так и активном варианте, а сигналы диффузного рассеяний излучения в биологической ткани регистрируются с учетом глубины проникновения и длины прохождения через ткань. Для этого используется специально разработанные волоконно-оптические пробники. Кроме того, для повышения корреляции результатов измерений с данными, полученными традиционными (*in vitro*) методами предлагается ряд методов статистической обработки полученных данных, включая регрессионный и кластерный анализ. Калибровка полученных данных осуществлялась по результатам, полученным традиционными (*in vitro*) методами с использованием методов статистической обработки данных, включая регрессионный и кластерный анализ. На основании

полученных результатов в рамках разработанных методик и с использованием созданных макетов измерительной аппаратуры проведена клиническая апробация метода.

Ключевым аспектом нанотехнологических исследований является создание новых микросенсоров, позволяющих анализировать динамику ДНК, белков в клетках организмов, идентифицировать лекарственные препараты. Кроме того микросенсоры могут осуществлять гормональный контроль, исследовать наноматериалы для целевой доставки лекарств, имплантантов (искусственных сосудов, органов, для интерфейса электронных устройств, вживляемых в человеческие органы), детектировать антитела, бактерии, вирусы в сыворотке крови в режиме реального времени. Эти биосенсоры являются широко используемой техникой label-free систем биомолекулярного распознавания в режиме реального времени.

При разработке современных высокочувствительных оптических биосенсоров эффективно используются: комбинационное рассеяние, плазмонный резонанс, оптический резонанс мод шепчущей галереи (МШГ) в микрорезонаторах различного типа, позволяющей регистрировать биомолекулы в растворах с концентрацией на уровне мкг-нг/мл, а также недавно обнаруженный комбинированный плазмонно - фотонный резонанс возникающий в микрорезонаторах, находящихся в оптической связи с металлическими наночастицами или слоями наночастиц. Биосенсор такого типа может обеспечить чувствительность обнаружения биологических объектов на уровне отдельных бактерий, белков, вирусов, спор, ДНК, РНК.

Разработана методика обнаружения и идентификации лекарственных препаратов на основе спектроскопии оптического резонанса МШГ на диэлектрических микросферах, включая нейросетевые алгоритмы для классификации исследуемых соединений. Разработаны и опробованы несколько экспериментальных образцов сенсора на основе оптического резонанса МШГ. Показана эффективность использования нейронных сетей для идентификации лекарственных препаратов. Методика экспериментально опробована на биологических соединениях различных классов (глюкоза, витамины, белки, антибиотики различного поколения и т.д.).

### **Список использованной литературы**

1. V. A. Saetchnikov, E .A. Tcherniavskaia, V. F. Zaitsev, L. A. Alexeichuk, G. Schweiger. Mobile E-health Sensor for Non-invasive Multi Parameter Diagnostics of Blood Biochemistry. CLEO/Europe-EQEC 2009, Munchen, p. 57 (2009).
2. V. A. Saetchnikov, E .A. Tcherniavskaia, Schweiger. Non-invasive sensor for multi parameter diagnostics of blood biochemistry. SPIE Europe. Optics and Optoelectronics, Prague, Czech Republic, P.78 (2009).

3. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, "Analysis of the biochemical composition of biological tissue in vivo by the diffuse light scattering method," *Journal of Applied Spectroscopy*, 77, 6, 878-886 (2011).
4. E.A. Tcherniavskaia, V.A. Saetchnikov, "Detection and identification of microparticles/nanoparticles and blood components using optical resonance of whispering-gallery modes in microspheres," *Journal of Applied Spectroscopy*, 77, 5, 692-699 (2010).
5. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, "Using optical resonance of whispering gallery modes in microspheres for real-time detection and identification of biological compounds," *Journal of Applied Spectroscopy*, 77, 5, 714-721(2010).
6. Neural network analysis of the resonance whispering gallery mode characteristics of biological agents / V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, A.V. Saetchnikov, G. Schweiger, A. Ostendorf // *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*. – 2011. – V. 14, №3. – C. 253 – 263.
7. E.A. Tcherniavskaia, V.A. Saetchnikov, "Application of neural networks for classification of biological compounds from the characteristics of whispering-gallery-mode optical resonance," *Journal of Applied Spectroscopy*, 78, 3, 457-460 (2011).
8. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, G. Schweiger, A. Ostendorf and A.V. Saetchnikov, "Neural Network analysis of the resonance whispering gallery mode characteristics of biological agents," *Nonlinear Phenomena in Complex Systems*, 14, 3, 253–263 (2011).
9. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, A.V. Saetchnikov, G. Schweiger, A. Ostendorf, "Drag detection and identification by whispering gallery mode optical resonance based sensor," *Proceeding of the SPIE*, 8801, 880101-880108 (2013).
10. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, A.V. Saetchnikov, G. Schweiger, A., Ostendorf, Reza Ghadiri. Plasmonic improvement of microcavity biomedical sensor spectroscopic characteristics / *Proceeding of the SPIE*,. - V. 8957. P. 89570E, (2014).
11. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, A.V. Saetchnikov, G. Schweiger, A. Ostendorf. Biochemical component identification by light scattering techniques in whispering gallery mode optical resonance based sensor. *Proceeding of the SPIE*,. - V. 8952. - P. 895204, (2014).
12. V.A. Saetchnikov, E.A. Tcherniavskaia, A.V. Saetchnikov, G. Schweiger, A. Ostendorf. Biochemical component identification by plasmonic improved whispering gallery mode optical resonance based sensor *Proceeding of SPIE*, V. 9126. - P. 91260V, (2014).

## Снижение тепловой контрастности объектов пленками наноструктурированного анодного оксида алюминия

*И.А. Врублевский, К.В. Чернякова*

*Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники*

*e-mail: [vrublevsky@bsuir.edu.by](mailto:vrublevsky@bsuir.edu.by)*

В настоящее время для визуализации теплового изображения объекта или воссоздания картины нагрева используются два типа тепловизоров: охлаждаемые, работающие в коротковолновом ИК-диапазоне (3–5 мкм), и неохлаждаемые, работающие в средневолновом ИК-диапазоне (8–14 мкм). С помощью неохлаждаемых тепловизоров можно получить информацию о нагретых объектах. Это относится в первую очередь к человеку, спектральная длина волны теплового излучения которого составляет 9,3 мкм. Наряду с развитием технологий теплового сканирования ведется интенсивный поиск новых материалов, позволяющих рассеивать и поглощать ИК-излучение и обеспечить скрытность объектов от наблюдения в ИК-диапазоне.

В данной работе представлены результаты исследований ИК-спектров поглощения матриц пористого анодного оксида алюминия и влияние маски из матрицы пористого анодного оксида алюминия на визуализацию объекта с тепловыми точками на экране неохлаждаемого тепловизора.

Пленки пористого оксида алюминия получали методом анодирования алюминиевой фольги толщиной 100 мкм в 0,3 М водном растворе щавелевой кислоты в потенциостатическом режиме при 60 В. Пропускание пленок пористого оксида алюминия в ИК-диапазоне исследовалось с помощью ИК-спектроскопии.

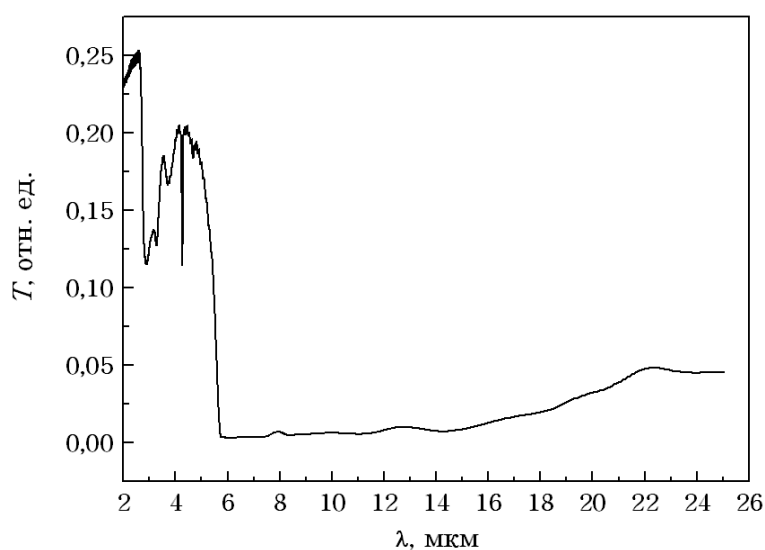


Рисунок 1. – ИК-спектр пропускания пленки пористого оксида алюминия

Как видно из рис. 1, пропускание излучения в диапазоне 8–14 мкм

составляло порядка 0,1%. В качестве объекта с тепловыми точками использовалась плата с тремя светодиодами в виде отдельных чипов (мощность 1 Вт). Для исследования теплового поля исследуемых объектов использовали неохлаждаемый тепловизор (Infrared imaging camera system MobIR 4).

Эксперименты показали, что тепловое поле платы с включенными светодиодами имело равномерное распределение с температурой около 30 °С и тепловыми пиками 43 °С в местах светодиодов. Применение масок из пленок пористого оксида алюминия резко снижало прохождение теплового излучения от источников тепла и уменьшило температуру тепловых точек от 43 до 32 °С. Получены профили распределения температур в области нагретого светодиода без маски и с применением маски из матрицы пористого оксида алюминия (рисунок 2).

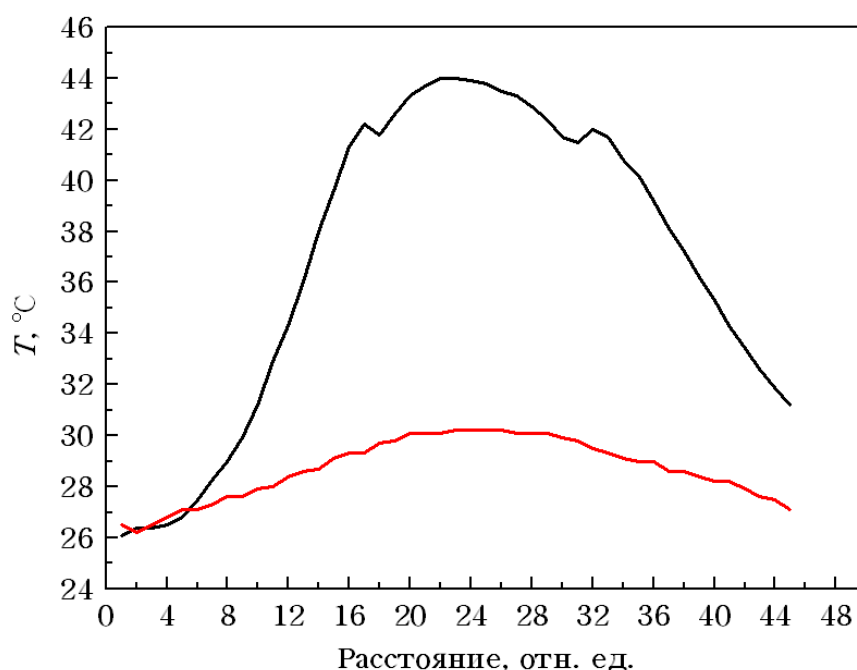


Рисунок 2. – Распределение температур на монтажной плате в месте расположения чипа светодиода (мощность 1 Вт) при излучении без маски и с маской из пленки пористого оксида алюминия

Проведенные исследования показали, что матрицы пористого анодного оксида алюминия имеют хорошие теплоизоляционные и экранирующие свойства для ИК-излучения в области длин волн 6–16 мкм и могут быть использованы в качестве теплозащитных экранов для сглаживания контраста тепловых излучений объекта и окружающего фона и для повышения эффективности тепловой маскировки объектов. В результате нагретый объект на тепловом фоне теряет контрастность и становится малозаметным.

## СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ, РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

### **Эффективные поглотители нефтепродуктов: изделия и автоматизированный комплекс для их производства**

*В.С. Васильева, С.В. Выдумчик, О.О. Гавриленко, М.А. Ксенофонов,  
Л.Е. Островская*

**Научно-исследовательское учреждение  
“Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко”  
Белорусского государственного университета  
e-mail: [lab\\_dozator@mail.ru](mailto:lab_dozator@mail.ru)**

Большие объемы передвижения нефти и нефтепродуктов становятся причиной техногенных аварий, приводящих к загрязнению водных артерий. Аварийные разливы часто связаны с труднодоступностью мест загрязнения, вероятностью миграции и увеличения площади загрязнения водоемов, переходу загрязнителя из воды на прибрежные участки почвы, сложностью сбора нефтепродуктов, расплывшихся тонкой пленкой по водной поверхности.

Одним из самых эффективных методов уменьшений негативных последствий техногенных воздействий на окружающую среду в результате аварийных разливов нефти и нефтепродуктов является использование специальных сорбционных материалов и изделий из них.

В Научно-исследовательском учреждении “Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко” Белорусского государственного университета разработан и осуществляется промышленный выпуск сорбционного материала Пенопурм<sup>®</sup> (ТУ РБ 100235722.124-2002) и изделий на его основе.

Основными преимуществами сорбента Пенопурм<sup>®</sup> по сравнению с лучшими зарубежными аналогами являются: гидрофобность (не впитывает воду) и олеофильность (впитывает масла); универсальность (поглощает нефть и нефтепродукты, минеральные и растительные масла, растворители и т.д.); сорбционная емкость по легким фракциям нефтепродуктов более 70 кг/кг; плавучесть, не тонет в сатурированном (полностью насыщенном) состоянии; сверхскоростная сорбция (70 % поглощения - 15-20 минут); низкая плотность (8-15 кг/м<sup>3</sup>); нетоксичность для человека, флоры и фауны; эффективность для очистки промышленных стоков, удаления нефти из отстойников на водоочистительных станциях; имеет неограниченный срок хранения.

Эффективность сорбента Пенопурм<sup>®</sup> обусловлена особенностями физико-химического строения полимерной матрицы полиуретанов, состоящей из полимерных блоков различной химической природы, в которых содержатся гибкие сегменты полиэфира и жесткие ароматические уретановые участки, а

также большое количество полярных групп. Наличие открытых пор в пенопласте обеспечивает доступ сорбируемого вещества внутрь сорбента, что приводит к извлечению сорбата не только за счет адсорбции (поглощения поверхностью), но и в результате абсорбции (поглощения всем объемом пенополимера). По-видимому, пенополиуретаны сорбируют, растворяя поглощенные вещества в своих мембранах, причем почти вся полимерная матрица пенопласта, принимает участие в сорбции. Многообразие функциональных групп полимерной матрицы обуславливает возникновение межмолекулярных ван-дер-ваальсовых и водородных связей, различающихся между собой природой и величиной энергии взаимодействия.

Технология получения сорбента Пенопурм<sup>®</sup> ограничена жесткими временными рамками процессов смешения и подачи в формообразующие устройства жидких композиций и необходимостью поддержания высокой точности их соотношения, количества и температуры. Обеспечение вышеуказанных параметров, необходимых для получения сорбента с заданными свойствами, предъявляет особые требования к смесительно-дозировочному и формующему оборудованию.

В работе представлен автоматизированный комплекс оборудования для производства изделий из сорбента Пенопурм<sup>®</sup> (рисунок 1). В состав комплекса входят: смесительно-дозировочная установка высокого давления (1), формы для получения сорбента в виде блоков (2), установка для резки блоков на пластины (3), установка для продольной и поперечной резки пластин на крошку(4).



Рисунок 1. - Состав комплекса оборудования для производства сорбента Пенопурм<sup>®</sup>

Технологический процесс получения сорбента Пенопурм<sup>®</sup> осуществляют путем тщательного смешения в течение нескольких секунд смесительно-дозировочной установкой двух реакционноспособных жидких композиций (одна из которых представляет собой смесь компонентов на основе полиэфиров со специальными добавками, вторая – на основе изоцианатов) и последующей подачей активированной смеси в форму. Сразу после смешения компонентов полиуретановая композиция в течение короткого времени вспенивается и отверждается, образуя в форме полужесткий (полуэластичный) пенополимер. Полученное изделие выдерживают в форме в течение 20 минут, извлекают и направляют на установку для резки блоков на пластины заданных размеров. В случае необходимости пластины направляются на установку для производства



крошки.

Изделия из сорбента Пенопурм<sup>®</sup> выпускаются в виде пластин, крошки, пластин в сетке, бонов-сорбентов со сменным поглощающим блоком и т.д., при этом каждое изделие эффективно при определенных условиях эксплуатации (рисунок 2).

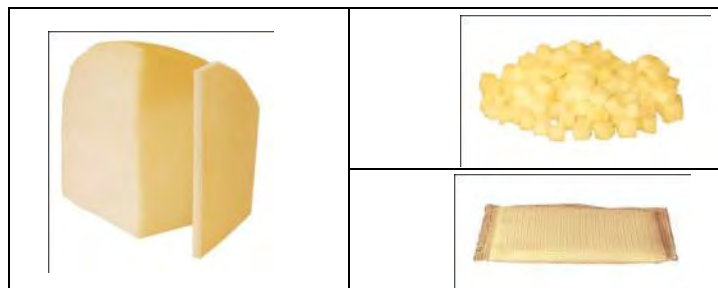


Рисунок 2. – Сорбционный материал Пенопурм<sup>®</sup>: куб и пластина; крошка; пластина в сетке

Пластины эффективны при извлечении жидких нефтепродуктов с поверхности воды и грунта. Технология использования этих изделий следующая: пластины извлекают из упаковки, покрывают ими загрязненную нефтепродуктами водную поверхность и после очистки насыщенный нефтепродуктами сорбент собирают подручными средствами.

Крошка из сорбента Пенопурм<sup>®</sup>, помещенная в сетчатые мешки, хорошо очищает локальные и сточные воды от углеводородов при использовании в очистных сооружениях промышленных предприятий. Технология использования следующая: крошку в мешках помещают в кассеты, уплотняют, и погружают в рабочую зону очистных сооружений. Сетчатый мешок позволяет легко извлечь насыщенную нефтепродуктами крошку из кассет.

Разработанные технология и специализированное оборудование готовы для осуществления промышленного производства различных изделий из сорбента Пенопурм<sup>®</sup> и широкого внедрения их в локальных очистных сооружениях, отстойниках и для ликвидации разливов нефтепродуктов и очистки твердых поверхностей.

## Сорбционные материалы для очистки сточных вод от фосфатов из местного природного сырья и отходов

*Е.Г. Сапон, В.Н. Марицунь*  
*Белорусский государственный технологический университет*  
*e-mail: [eco@belstu.by](mailto:eco@belstu.by)*

Биологическая продуктивность водных экосистем значительно зависит от содержания в водной среде фосфора. Избыточное поступление его со сточными водами и поверхностным стоком приводит к эвтрофированию водных объектов. Таким образом, снижение поступления фосфора со сточными водами является важной задачей для очистных сооружений разной производительности.

В настоящее время на крупных очистных сооружениях канализации проблему удаления фосфора решают с помощью химического осаждения фосфора или путем биологической дефосфотации.

Для малых очистных сооружений, производительность которых в пересчете на эквивалентное население (ЭН) составляет менее 5000 ЭН, наиболее актуальным является использование для удаления фосфора местных, недорогих материалов с высокой сорбционной емкостью.

Сорбционные материалы классифицируют по происхождению и сорбционной емкости [1]. В соответствии с происхождением материалы разделяют на три группы: природные, отходы и искусственные. По сорбционной емкости предложена следующая классификация: очень низкая (менее 0,1 г Р/кг), низкая (0,1–0,5 г Р/кг), средняя (0,5–1 г Р/кг), высокая (1–10 г Р/кг), очень высокая (более 10 г Р/кг).

Сорбционная емкость по фосфатам в значительной степени зависит от химической природы используемых материалов и, как правило, определяется содержанием в составе Al, Fe, Ca и Mg. На гидравлические свойства, такие как время гидравлического удерживания (время контакта) и способ контакта влияют размеры загрузки и порозность.

Проведены исследования сорбционных свойств местных минералов (мел, глина, доломит, трепел) и многотоннажных отходов производства (осадки и шламы гальванических производств, отработанный катализатор крекинга, отработанные синтетические иониты, электросталеплавильный шлак) и сорбента Polonite.

Для исследуемых материалов установлены химический состав, сорбционная емкость по фосфатам, зависимость эффективности удаления фосфора от удельного расхода сорбентов для модельных и реальных сточных вод. Наилучшими сорбционными свойствами из всех испытанных материалов обладают: доломит обожженный при 700°C и выше, Polonite, отработанный катализатор крекинга, электросталеплавильный шлак. Указанные сорбенты относятся к материалам с высокой и очень высокой сорбционной емкостью по фосфору.

Для наиболее эффективных сорбентов проведены исследования по оценке

возможного вторичного загрязнения очищаемых сточных вод. Показано, что содержание тяжелых металлов в воде после сорбционной очистки не превышает ПДК для питьевой воды.

Для решения вопроса о практическом применении сорбционного материала важное значение имеет возможность его последующего применения в качестве фосфорсодержащего компонента минеральных удобрений. Для решения данной задачи проводятся исследования свойств соединений, в которых фосфаты фиксируются сорбционными материалами.

Определены сорбционные материалы, которые рекомендуется использовать на малых очистных сооружениях для очистки и доочистки сточных вод от фосфатов с последующим возвратом их в составе удобрений для производства сельскохозяйственной продукции.

### **Список использованных источников**

*1. Cucarella, V., Renman, G. Phosphorus sorption capacity of filter materials used for on-site wastewater treatment determined in batch experiments – A comparative study // Environ. Qual. – 2009 – No 38, – P. 381–392.*

## Получение соединений лантана и сорбционного материала из отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти

*В.Н. Марцуль, И.Ю. Козловская*  
*Белорусский государственный технологический университет*  
*e-mail: [eco@belstu.by](mailto:eco@belstu.by)*

Важнейшим направлением деятельности в области охраны окружающей среды является уменьшение объемов образования отходов и максимальное вовлечение их в гражданский оборот в качестве вторичного сырья. Это позволит не только предотвратить вредное воздействия отходов на окружающую среду и здоровье граждан, но и повысить эффективность использования невозобновимых природных ресурсов.

Перспективным вторичным сырьем являются отработанные цеолитсодержащие сорбенты и катализаторы, образующиеся при осушке и очистке газов, в процессах нефтепереработки и др. Отработанный катализатор крекинга углеводородов нефти (ОКК), удаляется при периодической замене катализатора и в процессе очистки газов, содержащих мелкодисперсные продукты механического истирания катализатора. Особенностью ОКК, в сравнении с другими отходами, является наличие в нем редкоземельных элементов (РЗЭ).

Проведены комплексные исследования состава, физико-химических свойств отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти, результаты которых позволили выбрать перспективные направления его использования в качестве вторичного сырья.

ОКК представляет собой алюмосиликатный материал, состоящий из аморфной матрицы и кристаллической фазы цеолита (до 40%). Содержание лантана составляет 1,1–2,1% (в пересчете на оксид). Количество микропримесей тяжелых металлов (свинца, хрома, кобальта, кадмия, цинка, никеля, кадмия) не превышает их концентрации в природном алюмосиликатном сырье. Дисперсный состав ОКК описывается нормальным законом распределения, размеры частиц находятся в диапазоне 5–100 мкм. Содержание органических соединений, в том числе полициклических ароматических углеводородов, ниже порога обнаружения (хромато-масс-спектрометрия экстракта смесью хлороформ-метанол).

В результате выполнения работы определено влияние природы и концентрации выщелачивающего агента, температуры и продолжительности процесса на степень выщелачивания лантана из ОКК.

Обоснованы и экспериментально апробированы способы выделения лантансодержащих продуктов из растворов выщелачивания отработанного

катализатора крекинга углеводородов нефти. Исследован химический и фазовый состав, структурно-адсорбционные свойства полученных продуктов. В зависимости от способа выделения лантана из растворов выщелачивания содержание  $\text{La}_2\text{O}_3$  в полученных продуктах составляет от 4,6 до 51,7 %.

Кислотное выщелачивание лантана сопровождается активацией ОКК. Сравнение сорбционных свойств ОКК до и после выщелачивания по ионам железа, меди и цинка свидетельствует о существенном их увеличении. Сорбционная емкость по ионам железа (III) составляет  $1,7 \pm 0,05$  мг-экв/г, меди (II) –  $1,6 \pm 0,05$  мг-экв/г, цинка –  $1,5 \pm 0,05$  мг-экв/г, что выше, чем в ОКК на 48,3 %, 69,2 % и 64,0 % соответственно. Сорбционная емкость по ионам аммония достигает  $3,35 \pm 0,05$  мг-экв/г сорбента.

Предложены принципиальные технологические схемы переработки отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти с получением лантаносодержащих продуктов и сорбционного материала, отличающиеся способом выделения лантана из растворов выщелачивания.

### **Список использованной источников**

1. *Способ извлечения лантана из отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти: пат. 16344 Респ. Беларусь, МПК С 22В 59/00, С 22В 3/06 / В.Н. Марцуль, И.Ю. Козловская, В.Л. Шляхтенюк; заявитель БГТУ. – № а 20110072; заявл. 18.01.2011; опубл. 08.30.2012.*

# Очистка сточных вод и получение корма для сельскохозяйственных животных на основе водного гиацинта (эйхорния, *Eichhornia crassipes*)

Е.А. Флюрик  
Белорусский государственный технологический университет  
e-mail: [FlurikE@mail.ru](mailto:FlurikE@mail.ru)

**Введение.** Экологическая безопасность современного общества является одним из важнейших факторов устойчивого развития любого государства. В настоящее время большое внимание ученые всего мира уделяют проблеме очистки сточных вод. С каждым годом запас питьевой воды снижается, поэтому весьма актуальным является поиск новых способов очистки сточных вод. Так в настоящее время разрабатываются новые и совершенствуются существующие линии по очистке сточных вод. Как известно, для доочистки сточных вод предприятий легкой, металлургической, угольной промышленности, животноводческих комплексов, бытовых сточных вод могут использоваться некоторые высшие растения, например пистия (*Pistia stratiotes* L.), арундо (*Arundo* L.), водный гиацинт или эйхорния (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms).

Другой не менее важной проблемой является обеспечение населения продуктами питания. Поэтому разработка новых кормовых добавок для сельскохозяйственных животных, которые позволят увеличить их привес, несомненно, является актуальной задачей. Для ее решения можно использовать водный гиацинт, который богат белком, клетчаткой, каротином. Добавка на основе этого растения будет способствовать большему усвоению корма животными.

**Основная часть.** Объектом нашего исследования является водный гиацинт (рис. 1), растение, которое поглощает значительное количество биогенных элементов, снижает уровень эвтрофикации водоемов. Кроме того, оно перерабатывает различные вещества, такие как фенолы, нефтепродукты, синтетические поверхностно активные вещества и др., при этом происходит осаждение взвешенных и некоторых органических веществ, а вода насыщается кислородом.



Рисунок 1. – Водный гиацинт или эйхорния (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms)

Основными свойствами, благодаря которым растение можно использовать в процессе очистки являются:

- способность утилизировать химические и бактериологические загрязнители воды различного характера, снижая показатели до санитарно-допустимых значений;

- осуществление деградации основных загрязнителей воды;

- растение обладает уникальной способностью к размножению.

Кроме того, как было установлено, избыточную биомассу растения, которая образуется при очистке сточных вод, можно использовать для получения высококачественного силоса. Как было отмечено выше, растение чрезвычайно богато белком, витаминами, незаменимыми аминокислотами, клетчаткой. В результате комплексной оценки полученного силоса был сделан вывод, что, он является пригодным для кормления сельскохозяйственных животных и по своему качеству относится к первому классу (рис. 2).



Рисунок 2. – Силос на основе водного гиацинта (*Eichornia crassipes* Mart. Solms)

**Заключение.** Таким образом, использование водного гиацинта позволяет решить сразу несколько задач: утилизировать химические и бактериологические загрязнители воды различного характера, снижая до санитарно-допустимых значений содержание большинства токсических веществ и произвести из избыточной биомассы растения высококачественный силос на корм скоту.

## **О направлениях совместных исследований «Беларусь–Литва» в области использования биологических отходов**

*А.В. Вавилов, д-р техн. наук, профессор<sup>1</sup>*

*Э.Б. Переславцев, канд. техн. наук., ст. науч. сотр.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет*

*<sup>2</sup>ООО «Промбрикет»*

К сожалению не все образуемые биологические отходы используются, что приводит к отрицательному воздействию на окружающую среду.

Наши исследования направлены на использование лесосечных отходов в качестве облагороженного топлива: брикета и пеллет, а также использования отходов агропромышленного комплекса в качестве органического удобрения.

Невостребованность в энергетике таких видов ресурсов, как лесосечные отходы объясняется отсутствием эффективных технологий переработки их в дробленку с параметрами для получения брикетов или пеллет.

Существующие промышленные установки по измельчению щепы при производстве пеллет или брикета используют ударный принцип измельчения, но на влажной (более 30%) щепе этот принцип не оправдан. Если стремиться измельчить влажную щепу, то необходимо создавать установки, использующие принцип резания. Это первый путь в предлагаемом нами проекте. Вторым путем – это создание сушильного агрегата, эффективно осуществляющего сушку влажной щепы. Для измельчения уже сухой щепы успешно применяются существующие установки ударного типа.

По первому пути при совместном участии БНТУ и инжиниринговой компании «Промбрикет» был выполнен эскизный проект измельчителя влажной щепы, использующий механизм резания. По второму пути был также выполнен эскизный проект и идет работа по рабочему проектированию опытного образца сушильного агрегата. За основу взят показавший эффективную работу трёхходовой сушильный агрегат, разработки ООО «Промбрикет».

Производство экологически безопасного органического удобрения из куриного помета и навоза крупного рогатого скота имеет большое хозяйственное значение. При этом нами рассматриваются два аспекта: экологическая обстановка в регионе птицефабрик и потребность аграрного сектора в хороших органических удобрениях. Из куриного помета получается органическое удобрение, но помет должен вылежаться не менее года, чтобы получить безопасные для растений свойства органического удобрения. Для ускорения процесса получения безопасного удобрения существуют две технологии и соответствующее оборудование для непрерывной переработки помета.

По первой технологии помет подвергается термической обработке в вакууме. По второй технологии помет подвергается огромной силы ударами с



использованием центробежной высокоскоростной установки. Оборудование в обоих случаях сравнительно дорогое и энергозатратное. При переработке в органическое оборудование куриного помета необходимо выполнить три технологические операции: измельчение, стерилизацию и сушку.

При совместном участии БНТУ и инжиниринговой компании «Промбрикет» были выполнены эскизные проекты измельчителя, стерилизатора и модернизированного сушильного агрегата.

В измельчителе использован принцип центробежного рассеивания, но при более рациональных параметрах по сравнению с канадским измельчителем.

Для получения органического удобрения, чтобы не погубить микрофлору, нельзя поднимать температуру выше  $100^{\circ}\text{C}$ . Нами предложена стерилизация электрическим током. Выбор режима позволяет убить более высокоразвитые организмы и сохранить микрофлору.

Поскольку для сушки нельзя использовать температуру воздуха выше  $100^{\circ}\text{C}$ , то в агрегате сушильном предусмотрено большее время сушки при интенсивном перемешивании. Предусмотрено в схеме агрегата возвращение мелкодисперсных фракций из циклона в систему выгрузки.

Эскизный проект установки производства органического удобрения из куриного помета рассчитан на производительность до 2 тонн в час.

Для завершения работ по предложенным проектам необходимо принятие организационных решений.

## Рециклинг полимерных отходов

*Н.Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор, д-р хим. наук;  
Р.М. Долинская, доцент, канд. хим. наук  
Белорусский государственный технологический университет  
e-mail [raisa\\_dolinskaya@mail.ru](mailto:raisa_dolinskaya@mail.ru)*

Повышение эффективности производства тесно связано с использованием вторичного сырья. Максимальное вовлечение отходов производства в народнохозяйственный оборот является неотъемлемой частью работы по экономии, а экономия материальных ресурсов становится в современных условиях важным источником обеспечения роста производства. Особенно остро проблема экономного расходования материалов стоит в производстве полимерных изделий (ПИ), где отходы составляют в среднем 20–25% объема изготавливаемых изделий. Переработка вторичных материальных ресурсов, в частности вышедших из эксплуатации, имеет большое технико-экономическое и экологическое значение. Представило интерес исследовать возможность удешевления полимерной композиции за счет полного исключения из ее состава полимера, т. е. возможность изготовления полимерной композиции и изделий на ее основе с использованием отходов [1,2].

При переработке полимеры подвергаются воздействию высоких температур, сдвиговых напряжений, что способствует протеканию механохимических процессов и изменению структуры материала, влияющих на физико-механические и технологические свойства. Поэтому при использовании вторичного полимерного сырья для изготовления изделий необходимо учитывать остаточный ресурс работоспособности полимерной матрицы (табл.1).

Таблица 1. – Сравнительные свойства первичного и вторичного полипропилена

Наименование	Прочность при разрыве	Относительное удлинение при разрыве	Энергия активации термоокислительной деструкции	ПТР
	МПа	%	кДж/моль	г/10 мин
Полипропилен марки 21030	19,8	482	147	3,4
Технологические отходы полипропилена марки 21030	8,4	78	123	5,2

Анализ полученных результатов в соответствии с [3] показал, что полимеры с ресурсом работоспособности 50% целесообразно использовать в композиционных материалах для изготовления неотчетственных изделий с коротким жизненным циклом.

Кроме того, важной задачей является максимально полное использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов в резиновой промышленности для изготовления деталей технологического назначения, изделий ширпотреба, хозяйственного обихода. Важным моментом является время изготовления резинотехнических изделий, которое зависит от времени вулканизации. Время вулканизации определяется качественным и количественным составом вулканизирующей группы. Исследуемые образцы можно разбить на две группы: образцы – в состав вулканизирующей группы входят сера и сульфенамид Ц; образцы – в состав вулканизирующей группы входит сера и каптакс. Использование сульфенамида Ц (N-циклогексил-2-бензтиазолил-сульфенамид) и каптакса (2-меркаптобензтиазол) позволяет получать композиции, которые имеют широкое плато и высокую скорость вулканизации в главном периоде. Использование той или другой группы вулканизирующих агентов позволяет влиять на скорость вулканизации, а следовательно, и на физико-механические показатели композиции, а все вместе – на технологические параметры процесса изготовления эластомерного материала и изделий на его основе. Как показали проведенные исследования, с увеличением времени вулканизации происходит улучшение всех физико-механических показателей вулканизатов наилучшее сочетание комплекса физико-механических показателей наблюдается при температуре 155°С и времени вулканизации 150 мин. (табл. 2).

Таблица 2. – Физико-механические показатели эластомерных композиций с использованием вулканизирующей группы сера + сульфенамид

Показатель	Номера образцов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Условная прочность при растяжении, МПа	7,4	13,5	7,9	7,2	5,7	6,2	5,1	4,8
Относительное удлинение после разрыва, %	72	12	108	152	188	198	240	242
Относительная остаточная деформация после растяжения, %	12	4	12	12	12	15	20	20
Твердость, усл. ед.	79	88	74	66	67	63	62	63
Температурный предел хрупкости, оС	-5	Не выдержал	-8	-24	-25	-32	-36	-38

В рецептуре композиции имеется более 60% вулканизированной крошки, что позволяет уменьшить расход вулканизационной группы и снизить стоимость изделия. Проведенные исследования показали возможность полной замены каучука на регенерат и дробленую резину для создания эластомерных композиций.

Из предложенных композиций в производственных условиях были изготовлены опытные партии полипропиленовой лески для рабочих узлов уборочной техники и опытные образцы изделий плит напольных, которые можно использовать в качестве полов в цехах и как покрытия на спортивных площадках. Полученная продукция соответствует требованиям нормативной документации.

### **Список использованной литературы**

1. Вторичная переработка пластмасс / ред.Ф. Ла Мантия; пер. с англ. под ред. Г.Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2006. – 400с.
2. Корнев, А. Е. Технология эластомерных материалов / А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. – М: Химия, 2000. – 288 с.
3. Прокопчук Н.Р. Остаточный ресурс использования ПЭТ-упаковки как основы определения рациональных направлений ее повторной переработки / Н.Р. Прокопчук // Технологии переработки и упаковка. – 2006.- №4. – С.33 – 35.

## **Основные направления молекулярно-генетических исследований лесных видов растений и фитопатогенных микроорганизмов Беларуси и Литвы**

*О.Ю. Баранов, В.М. Балюцкас, А.А. Захилько  
ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»  
e-mail: [betula-belarus@mail.ru](mailto:betula-belarus@mail.ru)*

Интенсивное развитие молекулярно-генетических технологий за последние десятилетия обеспечило широкомасштабное внедрение инновационных методов ДНК-анализа в различные отрасли биологии и медицины. Исследования элементов лесных экосистем, как и других биологических объектов, также зачастую включают направления, успешная реализация которых требует применения технологий ДНК-маркирования. Среди основных областей приложения генетических методов при работе с лесными видами можно выделить: селекцию и семеноводство, популяционную биологию, тканевую и клеточную биотехнологию, таксономию, филогенетическую систематику, фитопатологию, генетическую экспертизу (в промышленных, юридических, археологических и других целях).

Спектр задач, решаемых с помощью молекулярно-генетических маркеров в указанных областях биологии леса, также является весьма существенным: типировка и паспортизация хозяйственно-ценных генов, генотипов, индивидов, включая анализ трансгенных растений; коммерческая сертификация; анализ генетического родства и происхождения особей, сортов, форм, насаждений; исследование генетической структуры популяций и ее динамики; изучение уровня генетического разнообразия видов; анализ филогенетических взаимоотношений видов; решение спорных вопросов таксономии; диагностика вирусных, бактериальных и грибных инфекций; построение генетических карт и др.

На протяжении десяти последних лет совместно Институтами леса НАН Беларуси и Центра аграрных и лесных наук Литвы на основании использования методов молекулярно-генетического анализа был проведен широкий круг исследований различных лесных видов деревьев, кустарников, грибов и бактерий. Так, например, на основании сравнительного анализа нуклеотидной структуры микросателлитных локусов хлДНК и яДНК, гена алкогольдегидрогеназы были изучены генетико-таксономические и филогенетические взаимоотношения различных видов берез и их вариететов, произрастающих на территории Беларуси и Литвы. Анализ генов, детерминирующих различные фенотипические признаки сосны обыкновенной и ели европейской позволил идентифицировать наиболее перспективные генотипы, для создания плантаций целевого назначения. Изучена взаимосвязь степени экологической пластичности морфологических признаков сосны обыкновенной и уровня генетического полиморфизма данного вида.

Кроме реализации различных селекционных аспектов, генетические маркеры, на основе нуклеотидной структуры фрагментов метаболических локусов, были использованы при проведении видовой идентификации растительных образцов в ходе археологической и лесохозяйственной экспертиз. На основании анализа повторяющихся последовательностей ДНК, была проведена работа по выявлению и оценке соматических мутаций, возникающих в ходе микроклонального размножения различных линий берез и осин. На основании результатов изучения генетической структуры гибридного потомства *Q. robur* × *petraea* различного типа происхождения изучены процессы межвидовой гибридизации симпатрических видов дуба черешчатого и дуба скального в смешанных насаждениях Литвы и Беларуси.

Наиболее широкий перечень вопросов, связанных с использованием метода ДНК-штрихкодирования для видовой идентификацией, был решен в области лесной микробиологии и фитопатологии. Установлен видовой состав, проведена генетическая паспортизация географических изолятов и создана коллекция диагностических локусов наиболее распространенных возбудителей заболеваний Беларуси и Литвы, разработан электронный молекулярно-генетический атлас-определитель фитопатогенных грибов. Идентифицированы фитозаболевания, распространяющиеся с помощью насекомых. Изучена структура и видоспецифические особенности ряда генов вирулентности и патогенности. Впервые диагностированы и генотипированы новые патогенные микромицеты, выявлены и изучены чужеродные инвазивные виды.

Новый этап развития совместных генетических исследований лесных видов начался в текущем году при выполнении совместных белорусско-литовских исследований в области генетико-селекционной оценки адаптационного потенциала насаждений сосны и ели в условиях изменяющегося климата. В ходе проекта планируется секвенирование экзома (совокупности всех структурных генов) плюсовых деревьев ели европейской и сосны обыкновенной с целью дальнейшего использования полученной информации в селекционных целях. Последующие геномные исследования будут направлены как на изучение вопросов фундаментального характера, так и решения ряда прикладных задач в области генетики, селекции и фитопатологии. На текущий момент ведется работа по созданию ДНК-библиотек различных видов микроорганизмов (включая вирусы), органелл и транскриптомов различных древесных видов.

## Стимуляция метаболизма и фунгицидной защиты растений методами предпосевной плазменно-радиоволновой обработки семенного и посадочного материала

В.В. Ажаронок<sup>1</sup>, В.А. Люшкевич<sup>1</sup>, И.И. Филатова<sup>1</sup>, А.Г. Жуковский<sup>2</sup>,  
Г.Паужайте<sup>3</sup>, А.Станкевичене<sup>3</sup>, В.Снешкене<sup>3</sup>, В. Милдажене<sup>3</sup>

e-mail: i.filatova@dragon.bas-net.by

<sup>1</sup>Институт физики НАН Беларуси, Беларусь,

<sup>2</sup>РУП «Институт защиты растений», Беларусь

<sup>3</sup>Каунасский ботанический сад, Университет Витаутаса Великого, Литва

Разработка новых экологически чистых технологий предпосевной обработки семян, выступающих в качестве альтернативы традиционным химическим средствам защиты и стимуляции роста растений, является важным условием обеспечения устойчивого развития земледелия. Результаты исследований последних лет свидетельствуют о хороших перспективах применения для предпосевной обработки семян различных физических методов, основанных на воздействии электромагнитных полей, низкотемпературной плазмы, гамма- и лазерного излучений.

В настоящей работе исследована эффективность предпосевной обработки низкотемпературной неравновесной плазмой (ВЧП) и высокочастотным электромагнитным полем (ВЧЭМП) семян однолетних культур – пшеницы яровой (*Triticum aestivum* L.), люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и кукурузы (*Zea mays* L.), а также многолетних растений – шелковицы черной (*Morus nigra* L.) и рододендрона Смирнова (*Rhododendron smirnowii* Trautv.) для улучшения их посевных характеристик и защиты от комплекса фитопатогенов.

Плазменно-радиоволновую обработку семян проводили в Институте физики НАН Беларуси с использованием экспериментального стенда, созданного на основе промышленного генератора высокочастотного тока ВЧИ-62-5-ИГ-101, рабочая частота – 5,28 МГц. Обработка семян ВЧЭМП осуществлялась в воздухе при атмосферном давлении, длительность экспозиции составляла 5 – 25 мин. Время воздействия на семена низкотемпературной плазмы высокочастотного емкостного разряда составляло 1 – 10 мин. В качестве рабочего газа использовали атмосферный воздух при давлении 60 Па. Семена тестируемых однолетних культур были предоставлены РУП «Институт защиты растений» (Беларусь), многолетних – Каунасским ботаническим садом Университета Витаутаса Великого (Литва).

Исследования посевных характеристик и фитосанитарного состояния семян однолетних культур осуществлялись в лаборатории фитопатологии и лаборатории защиты кормовых и технических культур РУП «Институт защиты растений». Тестирование посевных характеристик семян многолетних растений проводилось *in vitro* в Каунасском ботаническом саду (Литва).

В результате проведенных лабораторных опытов установлено, что плазменно-радиоволновая обработка семян однолетних растений стимулирует

лабораторную всхожесть и улучшает биометрические параметры проростков, характеризующие силу их начального роста (рис. 1). Отмечено также положительное влияние обработки на фитосанитарное состояние семенного материала, характеризующегося высоким уровнем общей инфицированности в контроле. В частности, общая зараженность семян люпина узколистного в результате воздействия ВЧЭМП (10 мин.) и ВЧП (5 мин.) снизилась соответственно до 7 и 23%, в то время как в контроле она составляла 100%.

Выявлена высокая эффективность плазменно-радиоволновой обработки семян в подавлении комплекса грибных и бактериальных болезней культур в период вегетации, в частности, в ингибировании развития корневой гнили и антракноза люпина узколистного,

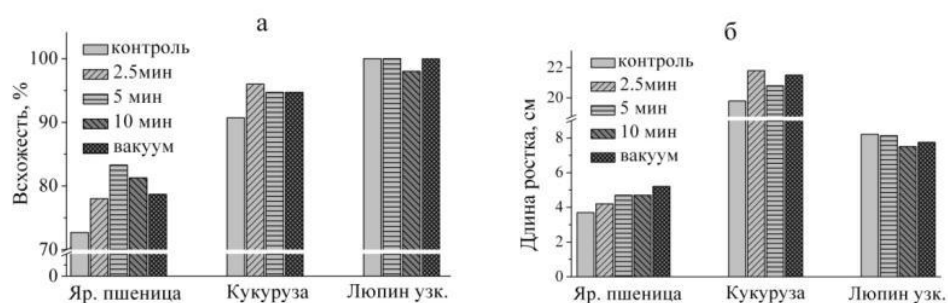


Рисунок 1. – Влияние плазменной обработки на всхожесть семян (а) и биометрические показатели проростков (б)

пузырчатой головни кукурузы и корневой гнили пшеницы яровой. Показано, что защитный эффект плазменно-радиоволновой обработки семян наиболее выражен на начальных стадиях развития растений. В целом, за счет снижения уровня инфицированности семенного материала и стимуляции полевой всхожести в результате предпосевной плазменно-радиоволновой обработки семян величина сохраненного урожая зерна кукурузы в зависимости от режима предпосевной обработки составила от 1,2 до 1,6 ц/га, пшеницы яровой – от 2,6 до 3,4 ц/га, люпина узколистного – от 4,3 до 11,4 ц/га.

Показано, что всхожесть семян многолетних культур при некоторых режимах воздействия физических факторов может увеличиваться на 30–70% (рис. 2), в то время как всхожесть семян однолетних культур увеличивается в основном на 5,0 – 20,0%.

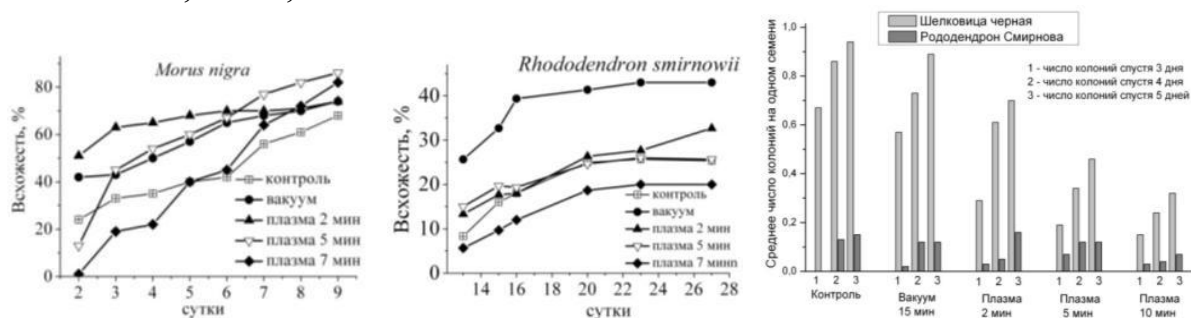


Рисунок 2. – Влияние режимов плазменно-радиоволновой обработки всхожесть и степень инфицированности семян шелковицы чёрной и рододендрона Смирнова



Установлено, что 15% семян рододендрона Смирнова в контроле были заражены грибными болезнями. В результате обработки ВЧЭМП длительностью 15 и 10 мин степень инфицированности в соответствующих группах семян составила 4% и 8%. Обработка ВЧП в течение 10 мин позволила снизить количество зараженных семян до 7%. До 94% семян шелковицы чёрной в контрольной группе были инфицированы патогенными грибами. Наиболее эффективной в подавлении грибных инфекций на семенах шелковицы чёрной оказалась плазменная обработка длительностью 10 мин. С уменьшением времени воздействия эффективность обработки снижалась.

Предложенный метод предпосевной плазменно- радиоволновой обработки семян с целью стимулирования их всхожести и защиты растений от фитопатогенов может использоваться в качестве альтернативы традиционным методам в органическом земледелии.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № ТЛИТ-001) и Научного Совета Литвы (грант № ТАР-LB-12-013) Университета Витаутаса Великого.

## **Хроностратиграфическая корреляционная схема плейстоцена Беларуси и Литвы**

*А. К. Карабанов<sup>1</sup>, В. Балтрунас<sup>2</sup>, Т.Б. Рылова<sup>1</sup>, В. Шейрене<sup>2</sup>,  
И.Е. Савченко<sup>1</sup>, Б. Кармаза<sup>2</sup>, Д. Киселене<sup>2</sup>, В. Катинас<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,  
Минск, Беларусь*

*e-mail: [karabanov@ecology.basnet.by](mailto:karabanov@ecology.basnet.by)*

<sup>2</sup>*Центр природных исследований, Институт геологии и географии,  
Вильнюс, Литва*

*e-mail: [seiriene@geo.lt](mailto:seiriene@geo.lt)*

В рамках международного белорусско-литовского проекта БРФФИ № Х13 ЛИТ-009 «Геологические корреляции и палеогеографические реконструкции плейстоцена приграничных районов Беларуси и Литвы» (2013–2014 гг.) выполнен комплекс исследований по корреляции плейстоценовых отложений белорусско-прибалтийского региона, показано их соотношение с морскими изотопно-кислородными стадиями (MIS). В результате разработана хроностратиграфическая схема плейстоцена Беларуси и Литвы.

Территория Беларуси по мощности четвертичных отложений, степени выраженности в рельефе аккумулятивной и эрозионной деятельности материковых ледников, представительству в разрезе межледниковых, межстадиальных и перигляциальных отложений с разнообразными, детально изученными палинологическими, палеокарпологическими, диатомовыми и др. комплексами, относится к числу важнейших страторегионов Европы. Среди наиболее актуальных задач четвертичной геологии и палеогеографии плейстоцена – детальная корреляция отдельных горизонтов плейстоцена на трансграничных территориях с целью разработки стратиграфических схем, используемых для решения научных и практических задач. Выполненная работа позволила на новом уровне провести сопоставление геологических, палинологических и диатомовых данных по опорным разрезам плейстоценовых отложений Беларуси и Литвы.

В результате анализа более двух тысяч разрезов скважин, расположенных на территории Беларуси, было установлено что количество ледниковых горизонтов плейстоцена не превышает четырех. Эти горизонты имеют площадное распространение и надежно подтверждены стратиграфическими реперами. Граница Brunhes / Matuyama установлена палеомагнитным методом под наревской мореной в отложениях брестского горизонта плейстоцена (Санько, Моисеев, 1996). В ходе реализации белорусско-литовского проекта на территории Литвы в разрезах Даумантай и Шлаве палеомагнитным методом зафиксированы граница Brunhes/Matuyama и субхрон Jaramillo (Baltrūnas et al., 2013, 2014), а в разрезе Заславль на территории Беларуси – эпизод обратной полярности Блейк, что послужило важным критерием корреляции изученных разрезов.

Поскольку Международным Союзом геологических наук в 2009 г. официально утверждена новая нижняя граница четвертичной системы на уровне 2,58 млн. лет, к нижнему плейстоцену в Беларуси отнесены отложения дворецкого и брестского горизонтов, залегающих между холмечским горизонтом плиоцена и древнейшим наревским ледниковым горизонтом. В Литве нижнему плейстоцену соответствуют отложения верхней части аникщайской толщи, а также даумантайская свита.

Маркирующими, уверенно определяемыми горизонтами среднего плейстоцена являются отложения александрийского и бутенайского межледниковий Беларуси и Литвы. Наиболее обоснованным представляется сопоставление древнейшего наревского ледникового горизонта плейстоцена Беларуси с дзукийской свитой в Литве, березинского – с дайнавской. Днепровский и сожский подгоризонты припятского горизонта коррелируются соответственно с жямайтийской и мядининкайской свитами. Беловежскому горизонту плейстоцена Беларуси, включающему три подгоризонта (борковский, нижнинский и могилевский), залегающему в наревско-березинском межморенном интервале, на территории Литвы соответствует тургеляйская свита, помещаемая между образованиями дзукийской и дайнавской свит и коррелируемая с могилевским подгоризонтом. Аналогии борковского и нижнинского подгоризонтов на территории Литвы не найдены. Выделение винджюнской и снайгупельской межледниковых свит, а также кальвяйской свиты дискуссионно, так как они распространены локально и не имеют четких стратиграфических критериев.

Маркирующие горизонты верхнего плейстоцена – муравинские межледниковые отложения Беларуси и мяркинские Литвы. Поозерский ледниковый горизонт уверенно коррелируется с нямунаской свитой в Литве.

Таким образом, ледниковые горизонты: наревский, березинский, припятский (днепровский+сожский подгоризонты) и поозерский могут быть скоррелированы соответственно с дзукийской, дайнавской, жямайтийской, мядининкайской и нямунаской свитами на территории Литвы. Могилевский подгоризонт беловежского горизонта, александрийский и муравинский горизонты уверенно коррелируются с тургеляйской, бутенайской и мяркинской межледниковыми свитами в Литве. Корреляция других стратиграфических подразделений плейстоцена пока проблематична.

Выполненные исследования позволяют наметить основные задачи дальнейшего изучения плейстоценовых отложений Беларуси и Литвы:

- уточнение стратиграфического расчленения донаревской (додзукийской) части плейстоцена путем изучения новых разрезов;
- уточнение корреляции древнейших ледниковых горизонтов с соседними территориями;
- уточнение корреляции припятского ледникового горизонта с соответствующими отложениями на соседних территориях;
- выполнение палеомагнитных исследований геологических разрезов для выявления важнейших палеомагнитных эпизодов и привязки к

магнитостратиграфической шкале.

Важным практическим аспектом выполненной работы является разработка одного из возможных вариантов корреляционной стратиграфической схемы плейстоценовых отложений Беларуси и Литвы. Уверенное стратиграфическое расчленение толщи плейстоценовых отложений является необходимым условием проведения крупномасштабной геологической съемки нового поколения инженерно-геологических изысканий при проектировании сооружений для промышленного и гражданского строительства, поиске полезных ископаемых, решении экологических задач по охране природы и других работ на обеих территориях.

Результаты исследования должны быть учтены и использованы при дальнейшем изучении плейстоценовых отложений на территории Беларуси, Литвы и соседних стран. Они могут быть использованы в учебном процессе ВУЗов при преподавании дисциплин «Основы стратиграфии», «Палеогеография четвертичного периода», «Геология Беларуси и сопредельных регионов» и др.

### **Список использованной литературы**

1. Санько А.Ф., Моисеев Е.И. Первое определение палеомагнитной границы Брюнес – Матуяма в Беларуси // Докл. АН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 5. – С. 106–109.
2. Baltrūnas V., Zinkutė R., Šeirienė V., Katinas V., Karmaza B., Kisielienė D., Taraškevičius R., Lagunavičienė L., Sedimentary environment changes during the Early-Middle Pleistocene transition as recorded by the Daumantai sections in Lithuania // Geological Quarterly. – 57 (1), – 2013. – P. 45-60.
3. Baltrūnas V., Zinkutė R., Šeirienė V., Karmaza B., Katinas V., Kisielienė D., Stakėnienė R. and Pukelytė V. The earliest Pleistocene interglacials in Lithuania in the context of global environmental change // Geological Quarterly. – 58 (1). – 2014. – doi: 10.7306/gq. 1148.

## **Перспективные направления инновационного развития проектирования и производства металлических конструкций**

*И.М. Кузменко<sup>1</sup>, В.М. Фридкин<sup>2</sup>, Н.С. Сыса<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

<sup>2</sup>*Московский государственный университет путей сообщения – МИИТ*

<sup>3</sup>*Холдинг «Группа компаний Протос», г. Могилев*

В результате поисковых инновационных исследований и разработок, проведенных в Государственном учреждении высшего профессионального образования (ГУВПО) «Белорусско-Российский университет» (г. Могилев, Республика Беларусь) с участием ученых Московского государственного университета путей сообщения (МГУПС-МИИТ), создан композитный (сталежелезобетонный) несущий элемент строительных конструкций (КНЭСК), на конструкцию которого получены патенты Республики Беларусь и Российской Федерации [1].

Изобретения носят базовый характер и в значительной мере свободны от недостатков, присущих известным классическим вариантам конструктивного исполнения пролётных строений мостов. Основы проектирования, примеры расчетов и реализации в производстве достаточно широко представлены в статьях, например, [2-8 и др.].

Большой выбор геометрии полостей, форм и расположения упрочняющих элементов обеспечивает благоприятные конструктивные условия для образования в заполнителе пустот и каналов, что в ряде случаев ведет к снижению веса несущих элементов и открывает возможность устройства внутри них различных коммуникаций.

К настоящему времени на территории Беларуси спроектированы и возведены три объекта: в 2005 г. спроектирован и возведен пешеходный мост через реку Дубровенка в Могилеве; в 2008 г. – уникальный автодорожный путепровод в Минске; в 2011 г. – в Гомеле.

Применение КНЭСК в несущих конструкциях мостового полотна автодорожных путепроводов над путями железнодорожных линий имеет ряд преимуществ.

На производственных площадях Холдинга «Группа компаний Протос» при участии Белорусско-Российского университета изготовлен опытный образец конструкции КНЭСК. Сметная стоимость его изготовления оказалась в 2,5 раза ниже, чем стоимость конструкций для пролётных строений первой очереди гомельского путепровода (эти конструкции изготавливались на Днепропетровском заводе металлоконструкций, Украина).

Расширение применения КНЭСК приводит к совершенствованию известных и разработке новых конструктивных форм инженерных сооружений, позволяет генерировать новые технические решения для различных классов надземных, подземных и подводных сооружений, чем создаётся важная предпосылка дальнейшего научно-технического прогресса в различных

отраслях техники.

Применение конструкций на базе КНЭСК позволит, например, создавать инженерные барьеры при долговременном хранении и окончательном захоронении отработавшего ядерного топлива в недрах Земли. При этом возможно решение инженерно-экологических и конструктивно-технологических проблем их создания.

В Белорусско-Российском университете создана научно-теоретическая база применения КНЭСК в мостостроении, получены новые результаты по исследованию монтажных стыков КНЭСК, успешно защищена кандидатская диссертация, выполнены и защищены две магистерские диссертации.

Удобное географическое расположение, значительный опыт по изготовлению сварных конструкций позволили Холдингу «Группа компаний Протос», при поддержке ГУВПО «Белорусско-Российский университет», МГУПС-МИИТ и ОАО «Мостострой» начать подготовку производства стальных мостовых конструкций, а также ряда других конструкций: каркасов пространственных зданий, ферм и резервуаров. В 2014 году Холдингом реализован инновационный проект по строительству завода мостовых металлоконструкций. Объем инвестиций составил 15 млн. \$, проектная мощность предприятия - 3000 т/месяц готовой продукции, планируемая – 1500 т/месяц.

Сбыт продукции ориентирован на рынки Беларуси, России, Казахстана, Украины, а также на рынки стран ЕС.

Результаты работы докладывались и получили высокую оценку на I Форуме Союзного государства ВУЗов инженерно-технологического профиля (Минск, 2012 г.) и VII Форуме проектов программ Союзного государства (Москва, 2012 г.). Они отмечены также Дипломами и Золотыми медалями IX Московского салона инноваций и инвестиций (Москва, 2009 г.) и Петербургской технической ярмарки (Конкурс «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» в номинации «Новые высокотехнологические разработки оборудования и наукоемкие технологии», Санкт-Петербург, 2013 г.).

### **Список использованной литературы**

1. Патент 4082 РБ, МПК<sup>7</sup> Е 04 С 2/28. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин, А.В. Носарев, С.К. Павлюк, А.В. Семенов, В.А. Попковский, А.А. Филатенков; заявитель и патентообладатель Могилевский машиностроительный институт. – № 970421; заявл. 29.07.97; опубл. 19.04.01, Бюл. № 3. – 3 с.: ил.

2. Кузменко И.М. Новые направления в конструировании композиционных структур с высокой экономической эффективностью и несущей способностью / И.М. Кузменко, В.А. Попковский, А.В. Семенов, В.М. Фридкин // «Novesmeriyovuyrobnychtechnologiach». Сб. статей IV межд. конф. – Presov, 1999. – С. 83-86.

3. Кузменко И.М. Применение сварных несущих элементов в новых композитных строительных конструкциях / И.М. Кузменко, С.К. Павлюк, В.М. Фридкин // «Сварочное производство». – М., 2003. – № 9 – С. 47-50.

4. Кузменко И.М. Аспекты проектирования композитного несущего элемента средствами САПР / И.М. Кузменко, В.М. Фридкин, М.Э. Подымако, О.В. Леоненко, В.Н. Медведев // Вестник БРУ. – Могилев, 2006. – № 4. – С. 198-202.

5. Кузменко И.М. Воздействие нагрузок подвижного состава (НК-80 и А-11) на мостовое полотно пролетных строений, выполненных из КНЭСК / И.М. Кузменко, В.Н. Медведев // «Вестник Полоцкого госуд. унив.». Серия F. Прикладные науки. Строительство, Изд-во ПГУ. – Новополоцк, – 2007. – № 12.– 180 с. – С. 63-67.

6. Кедровский О.Л. Новые подходы к конструктивным решениям для создания подземных объектов атомной энергетики / О.Л. Кедровский, С.А. Дмитриев, В.М. Фридкин, И.М. Кузменко, С.А. Чесноков, О.В. Малькова, А.Э. Кокосадзе // Наука и технологии в промышленности – М., – 2009. – №1. – 120 с. – С. 94 – 97.

7. Богданов С.В. Области рационального применения композитных несущих элементов строительных конструкций по экономическим и прочностным показателям / С.В. Богданов, И.М. Кузменко // Научно-технический журнал «Строительная наука и техника», Офиц. инф. изд. Мин. арх. и стр. РБ. Мн., 2011. – №4. – 64 с. – с. 33-36.

8. Богданов С.В. Обеспечение неразрывности сцепления заполнителя и металлической арматуры КНЭСК при выполнении сварных соединений монтажного стыка / С.В. Богданов, И.М. Кузменко // Вестник БРУ. – Могилев, 2013. – №3. – 180 с. – с. 13-22.

## **Абразивный инструмент повышенной стойкости на легкоплавкой керамической связке**

*М. П. Купреев, Е. Н. Леонович*

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,  
Гомель, Беларусь,*

*e-mail: [kupreev@gsu.by](mailto:kupreev@gsu.by)*

Шлифование является одним из наиболее эффективных методов механической обработки деталей из труднообрабатываемых материалов. Эффективность шлифования в значительной степени определяется не только возможностями станка, но и характеристиками применяемого инструмента (шлифовального круга), который играет определяющую роль в формировании качества обрабатываемых поверхностей деталей и производительности шлифования. Традиционно на большинстве операций шлифования деталей из конструкционных материалов используются круги из электрокорунда различных модификаций, изготовленных на керамической связке. Они легко подвергаются профилированию и правке, обладают высокой огнеупорностью и химической стойкостью к воде и веществам, входящим в состав смазочно-охлаждающих жидкостей.

Производство шлифовальных кругов на керамической связке является сложным и энергоемким процессом. При этом их режущие свойства во многом зависят от состава керамической связки и технологии изготовления инструмента. В процессе работы некачественные шлифовальные круги, особенно твердые и мелкозернистые, из-за быстрого «засаливания» рабочей поверхности теряют свою режущую способность. Это обстоятельство приводит к увеличению термодинамической нагрузки в зоне шлифования и, как следствие, к появлению прижогов и трещин на обрабатываемой поверхности.

Цель проведенных исследований - разработка энергосберегающей технологии изготовления шлифовальных кругов с повышенной стойкостью из электрокорунда с использованием легкоплавкой керамической связки.

Для изготовления кругов была разработана высокопрочная легкоплавкая керамическая связка, содержащая в своем составе оксиды кремния, алюминия, титана, кальция, натрия, калия, технический криолит (соединение фтора) и углекислый литий. Связка готовится фриттованием. Для этого исходные компоненты связки вначале перемешиваются в шаровой мельнице, а затем обжигаются при температуре 1000 °С. После охлаждения связка дробится на щековой дробилке и размалывается в шаровой мельнице.

Исследовано влияние состава абразивной массы на основе легкоплавкой керамической связки, режимов прессования и режимов обжига на физико-механические свойства шлифовальных кругов прямого профиля с наружным диаметром от 6 мм до 250 мм. Круги изготавливались как из первичного, так и из вторичного абразивного зерна.



Абразивная масса для формования кругов готовилась смешиванием абразивного зерна, связки и увлажнителя, в качестве которого использовался 60 % раствор декстрина в воде. Прессовались круги двухсторонним способом на гидравлическом прессе. Давление прессования в процессе формования экспериментальных образцов варьировалось в пределах 9 – 22 МПа. Отпрессованные круги вначале высушивались при температуре 40 - 80 °С в течение 20 - 40 часов, а затем обжигались в электропечи. Скорость подъема температуры в печи составляла 60 °С. Конечная температура - 1050 °С. При этой температуре круги выдерживались в течение 40 минут. Затем печь выключалась, и круги остывали вместе с закрытой печью до температуры 150 - 200 °С.

В процессе эксперимента варьировались три фактора - размер зерна, давление прессования и содержание связки в абразивной массе. Количество связки в формовочной массе изменялось в пределах 6,5 - 12 масс. %.

В период с 29.10.2012 г. по 02.11.2012 г. на участке вспомогательного инструмента инструментального цеха Общества с ограниченной ответственностью "Минский моторный завод" проведены испытания абразивных кругов прямого профиля (тип 1), изготовленных на легкоплавкой связке С10У из зерна электрокорунда белого марки 25А зернистостью 16П (F80). Оборудование - станок внутришлифовальный ЗЛ227.

При обработке указанных в таблице 1 деталей на предприятии используются шлифовальные круги минского предприятия "АЗИД". Поэтому проведены сравнительные испытания режущих свойств и стойкости экспериментальных абразивных кругов и абразивных кругов предприятия "АЗИД". Испытания производились при одинаковых условиях обработки деталей.

Результаты испытаний приведены в таблице 1. Установлено, что стойкость экспериментальных кругов в 6 раз превышает стойкость кругов предприятия "АЗИД", изготовленных по традиционной технологии на известных и широко применяемых в абразивном производстве керамических связках. При этом температура обжига абразивного инструмента предприятия "АЗИД" выше на 200 °С температуры обжига экспериментальных кругов. Повышенные режущие свойства экспериментальных кругов обусловлены особыми физико-механическими свойствами связки, способствующими низкой "засаливаемости" абразивного инструмента, изготовленного на ней.

Таблица 1. – Результаты испытаний

Изго- -тови- -тель	Параметры шлифовального круга	Обрабатываемые детали	Количество обработанных деталей
ГУ	1 10x16x3 25А 80 М 5 V	Втулка деталь 7050-7227 сталь У8- Ø11,5 (+0,043/+0,016) Lрез - 50 мм	30

ГУ	1 13x20x4 25A 80 М 5 V	Втулка 7050-7253 сталь У 8- Ø 16(+0,026/+0,006) Lрез - 60 мм	30
ГУ	1 20x32x6 25A 80 М 5 V	Втулка 7050-7300 сталь У10 Ø 20(+0,03/+0,008) Lрез - 45 мм	27
ЗИД	1 10x16x3 25A 60 М 5 V	Втулка деталь 7050-7227 сталь У8- Ø 11,5 (+0,043/+0,016) Lрез - 50 мм	5
ЗИД	1 13x20x4 25A 60 М 5 V	Втулка 7050-7253 сталь У 8- Ø 16(+0,026/+0,006) Lрез - 60 мм	5
ЗИД	1 20x32x6 25A 60 М 5 V	Втулка 7050-7300 сталь У10 Ø 20(+0,03/+0,008) Lрез - 45 мм	4

На основе сырья, производимого в Республике Беларусь (аэросил технический, криолит), разработан состав легкоплавкой керамической связки для абразивного инструмента из электрокорунда, огнеупорностью 1000 -1050 °С (ТИ к техпроцессу 400011099.012 - 2014). Отработаны технологические режимы изготовления на легкоплавкой керамической связке шлифовальных кругов различной структуры из зерна белого и легированного электрокорунда, а также кубического нитрида бора. Разработана лабораторная технология (технологический процесс 400011099.012 - 2014) изготовления шлифовальных кругов из белого и легированного электрокорунда на легкоплавкой керамической связке, позволяющая снизить температуру обжига изделий на 200 °С (до 1000...1050 °С вместо 1250 °С) и повысить эксплуатационные свойства шлифовальных кругов.

Изготовлены опытные партии шлифовальных кругов с наружным диаметром от 6 до 250 мм и проведены их испытания в производственных условиях на предприятиях Республики Беларусь. Результаты производственных испытаний показали, что изготовленный по разработанной технологии абразивный инструмент отличается высокой режущей способностью и по эксплуатационным характеристикам в 2...6 раз превышает инструмент, производимый в Республике Беларусь и России по традиционной технологии (акты испытаний ОАО "ММЗ", РУП "МТЗ", РУП "ГЗСИиТО", ОАО "МПЗ", РУП "ГЗЛиН" и др).

Освоено производство шлифовальных кругов повышенной стойкости различных типов с наружным диаметром до 80 мм и осуществляется их поставка предприятиям Республики Беларусь.

## Реверсивно-струйная энергосберегающая технология очистки и защиты от коррозии стальных поверхностей

*И.В. Качанов, А.Н. Жук*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: [hidrokaf@bntu.by](mailto:hidrokaf@bntu.by)*

Одним из направлений повышения производительности и улучшения условий труда при очистке корпусов судов от коррозии является использование метода гидроабразивной очистки (ГАО). Сущность метода состоит в том, что в рабочую зону очистки под большим давлением подают водно-песчаную смесь (пульпу). В аппаратах ГАО интенсивное смешивание песка с водой происходит в смесительном сопле. Производительность ГАО до чистого металла может составлять до 45-60 м<sup>2</sup>/час.

Однако, отрицательным моментом рассмотренной технологии следует считать неполное использование кинетической энергии струи жидкости, взаимодействующей с преградой. Растекающаяся в результате взаимодействия с преградой струя в ряде случаев может вызвать поражение обслуживающего персонала и за счет выноса из рабочей зоны продуктов коррозии и загрязнений оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

Эффективность реализации целого ряда технологических процессов напрямую зависит от качества очистки поверхностей от коррозии. Так, например, для подготовки стальных листов под лазерную резку необходимо после очистки от коррозии иметь высококачественную поверхность с шероховатостью  $R_a=0,2-0,4$  мкм с минимальным уровнем упрочнения и низкой отражательной способностью. Подготовка стальной поверхности под покраску предусматривает получение шероховатости  $R_a=30-50$  мкм после очистки от коррозии. При этом актуальным является вопрос предотвращения повторной коррозии при значительном по времени (2-5 часов) нахождении очищенной детали под воздействием атмосферной коррозии.

Установлено, что после очистки от коррозии иметь шероховатость поверхности должна составлять  $R_a=0,2-0,4$  мкм с минимальным уровнем упрочнения (наклепа) и низкой отражательной способностью. При использовании в качестве характеристики упрочнения такого параметра, как микротвердость  $H_{\mu}$ , необходимо, чтобы ее величина по отношению к исходному значению  $H_{\mu 0}$  ( $H_{\mu 0}$ -микротвердость поверхности листового материала применительно к условиям поставки) не выходила за пределы диапазона  $H_{\mu} = 1,2-1,4 H_{\mu 0}$ , при превышении которого происходит снижение скорости лазерной резки листовых материалов.

Для устранения отмеченных недостатков, с одновременным повышением производительности труда предлагается при очистке, использовать реверсивно-струйное течение жидкости относительно обрабатываемой поверхности. Для получения такого течения сопловый блок помещается в корпус, который позволяет произвести разворот струи на 180° и тем самым увеличить силовое

воздействие на обрабатываемую поверхность ориентировочно на 70-80 %, так же данное устройство позволяет решить вопросы по сбору жидкости после проведения очистки поверхности и отправить ее на регенерацию (рисунок 1). Предлагаемое устройство для очистки от коррозии плоских стальных поверхностей содержит напорный бак 1, с установленным на его боковой стенке насадком 2, на котором смонтирована струеформирующая манжета 3, concentрично которому с помощью распорок 4 закреплен цилиндрический стакан 5, который плотно прижат к обрабатываемой поверхности 6 через уплотнение 7, на стакан смонтирована крышка 8 с выполненными в ней отверстиями 9, соединенные с баком 10 для регенерации, в котором установлена сетка 11, с помощью трубопровода 12, а по трубопроводу 13, насосом 14 и регулировочной задвижки 15 очищенная вода возвращается в напорный бак.

Следует отметить, что сопло в данной конструкции использовалось с оптимальным углом конусности  $\alpha_{opt}=45^\circ$ , полученный в результате решения вариационной задачи.

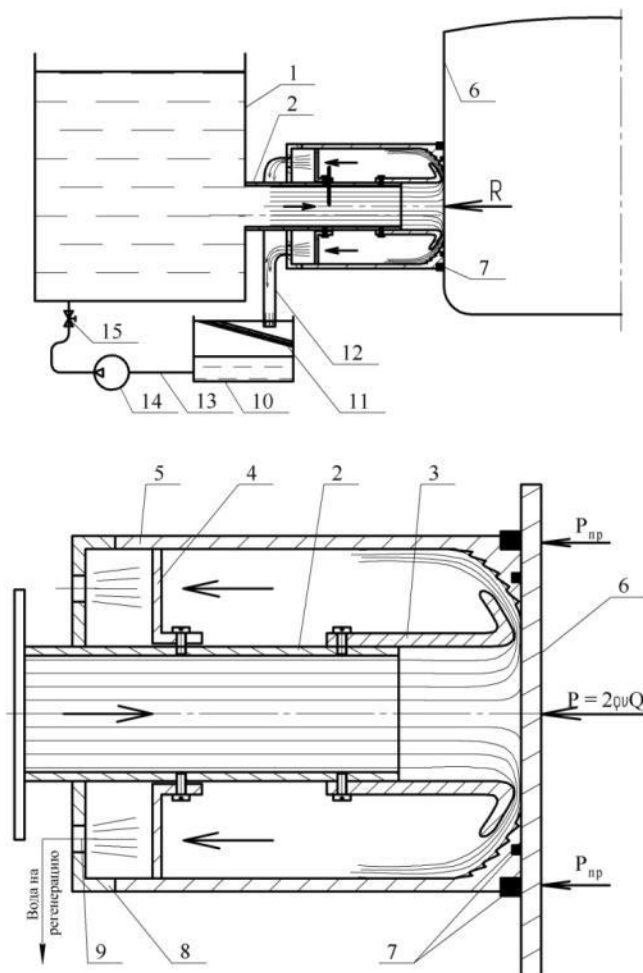


Рисунок 1. – Устройство для очистки от коррозии плоских стальных поверхностей

Для повышения эффективности очистки, получения заданной шероховатости очищаемой поверхности, а также создания достаточно прочной

молекулярной восстанавливающей пленки, снижение энергоемкости процесса для очистки предложено использовать рабочую жидкость состоящую из следующих компонентов: бентонит, кальцинированная сода, углеродное волокно, полиакриламида, вода.

Очистка металлических поверхностей производится в три этапа; где на первом этапе в рабочую жидкость вместо бентонита вводят речной песок с концентрацией  $4\div 5\%$ , а концентрацию полиакриламида увеличивают до значений  $10^{-6}\div 10^{-2}$ , остальное вода, на втором этапе используется рабочая жидкость с составом 100% вода, на третьем этапе, используется рабочая жидкость с добавкой в нее вместо речного песка бентонита с концентрацией  $0,9\div 1,5\%$  и кальцинированной соды  $0,2\div 1\%$ , полиакриламида, остальное вода; на первом и втором этапах очистку производят реверсивной струей с разворотом последней на  $180^{\circ}$ , а на третьем осуществляют струйную очистку с обеспечением растекания по рабочей жидкости по горизонтальной очищаемой поверхности под углом  $90^{\circ}$ , с формированием на очищенной поверхности слоя рабочей жидкости  $\delta$  с толщиной не менее, чем  $1,1\div 1,2$  от максимальной высоты выступов микронеровности  $R_{A,\max}$  ( $\delta \geq 1,1\div 1,2 R_{A,\max}$ ), что позволяет создать после высыхания рабочей жидкости пленочное покрытие на поверхности очищенного металла, которая предотвращает его коррозию. Средняя толщина  $\delta$  покрытия, сформированного на обработанной поверхности, составляет 5–10 мкм.

Режимы обработки металлических поверхностей были приняты в следующем диапазоне: скорость струи  $V_{\text{стр}} = 300 - 400$  м/с, давления на входе в сопло составляет  $p_{\text{вх}} = 60\text{--}85$  МПа.

Для исследования были использованы образцы из сталей 08кп и Ст 3.

## **Компьютерное моделирование ресурсосберегающей технологии скоростного горячего выдавливания биметаллического инструмента**

*Д-р техн. наук, профессор И.В. Качанов; аспирант В.В. Власов;  
аспирант С.А. Ленкевич; аспирант А.А. Рубченя  
Белорусский национальный технический университет*

Для интенсификации процесса разработки технологических операций скоростного горячего выдавливания (СГВ) необходим анализ пластического течения, а также сведения об откликах системы штамп – инструмент – деформируемый образец на изменение технологических параметров. Для получения соответствующей информации могут быть использованы методы экспериментального исследования и теоретического моделирования, а также их комбинация.

Главная трудность при использовании всех методов экспериментального исследования заключается в необходимости изготовления технологической оснастки – инструмента и штампа. При проработке нескольких вариантов стоимость изготовления оснастки становится весьма значительной.

Существенным недостатком теоретических методов является трудность или невозможность их применения к исследованию сложных процессов СГВ. Кроме того, к недостаткам следует отнести неадекватность принимаемых допущений физической природе реальных процессов СГВ; принятие гипотезы идеальной пластичности или усреднение интенсивности напряжений по очагу пластической деформации; затруднённость или вовсе невозможность учёта контактных условий и правильной оценки формоизменения деформируемого образца на каждом этапе течения процесса; произвольное задание полей скоростей и перемещений в таких методах как метод верхней оценки и баланса работ (мощностей); сложность или практическая невозможность учёта динамических эффектов.

Альтернативой экспериментальному исследованию и теоретическому анализу является использование имитационного моделирования процессов объёмной штамповки с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Неоспоримым и весьма ценным достоинством этого метода является возможность проведения комплексного физико-механического анализа на стыке таких дисциплин, как прочность, пластичность, усталость и ползучесть при скоростных, многоцикловых и квазистатических нагрузках; термодинамика; электромагнетизм; динамика жидкостей и газов; динамические свойства твердых тел (распространение упругих и пластических волн, колебательные процессы). Корректная модель в МКЭ максимально приближена к реальному физическому процессу и позволяет учитывать весьма тонкие физические эффекты.

Однако в связи с тем, что для анализа пластического течения при скоростном выдавливании биметаллических формообразующих деталей

штамповой оснастки отсутствуют решенные верификационные задачи, необходимо подтвердить достоверность получаемых результатов моделирования в *DEFORM-3D* путем сравнения данных полученных экспериментальным или теоретическим методами.

На основе исходных данных, размеры и форма составной заготовки, пуансона и полуматриц, создадим модели для анализа пластического течения применительно к биметаллическим составным заготовкам рисунок 1.

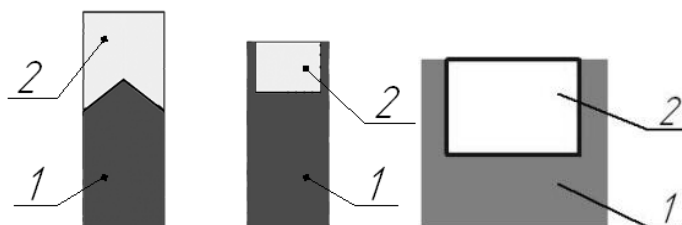


Рисунок 1. – Модели составных заготовок: 1-конструкционная сталь; 2-штамповая сталь

Сравнительный анализ пластического течения реальных образцов и полученных моделей можно провести визуально по анализу полученных образцов (рисунок 2 и 3), где видно значительное сходство в характере пластического течения сравниваемых образцов, а некоторые отличия обусловлены упрощениями принятыми для моделей и неучтенными физическими явлениями при деформации реальных образцов. В целом же моделирование пластического течения биметаллических составных заготовок можно считать качественным и достоверным.

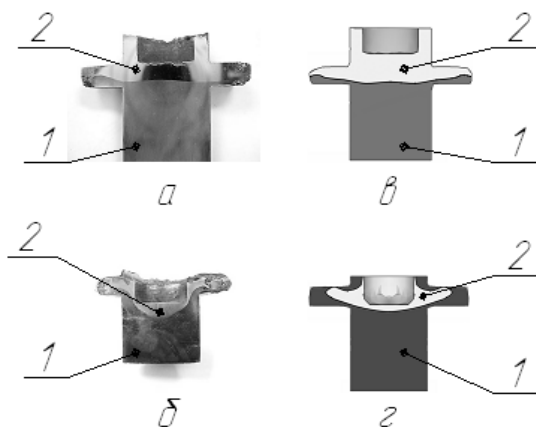


Рисунок 2. – Вид биметаллических образцов после деформации реальных образцов (а, б) и моделей (в, г): а) 1-сталь 40Х, 2-сталь Х12МФ; б) 1-сталь 40Х, 2-сталь Р6М5; в), г) 1-конструкционная сталь, 2-штамповая сталь

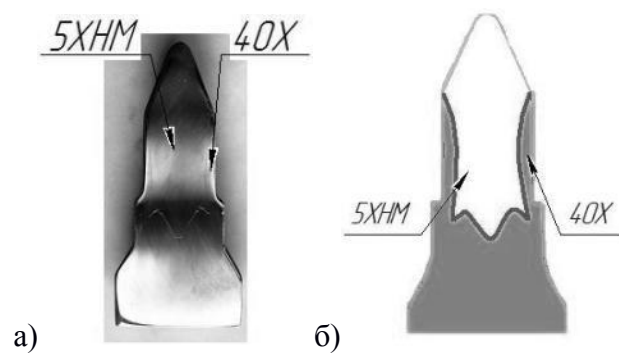


Рисунок 3. – Вид биметаллического образца после деформации реальный образец (а) и модели (б)

Применение методики компьютерного моделирования позволяет сократить ресурсы и трудозатраты при разработке новых технологий.



## **Ресурсосберегающая технология производства плитки для внутренней облицовки стен**

*Ю.Г. Павлюкевич, доцент, канд. техн. наук,*

*С.К. Мачучко, аспирант*

*Белорусский государственный технологический университет*

*e-mail: [Svetlana.belinko@mail.ru](mailto:Svetlana.belinko@mail.ru)*

Производство глазурованных плиток для внутренней облицовки стен является ресурсо- и энергоемким: доля затрат на обжиг существенна и составляет 30–35 % от общей суммы затрат в себестоимости продукции. Перевод производства керамических плиток на однократный обжиг дает возможность сократить на 20–30 % удельный расход условного топлива за счет уменьшения общей продолжительности обжига.

Отечественные производители облицовочной плитки в составах керамических масс в основном используют легкоплавкие полиминеральные глины с высоким содержанием карбонатов, доломит, гранитоидные отсеvy и т.д. Их использование зачастую приводит к снижению сортности готовых изделий, однако низкая стоимость местных сырьевых материалов и их доступность, отсутствие высоких затрат на транспортировку обуславливают целесообразность их применения, в том числе, и в составах масс для однократного обжига плиток.

Поскольку особенностью технологии однократного обжига является наложение во временных и температурных интервалах процессов наплавления глазури и формирования керамического черепка, то для повышения качества изделий и уменьшения количества брака необходимо в процессе обжига плитки создать условия для удаления газообразных продуктов из керамической основы до начала процесса формирования глазурного покрытия.

При использовании в составах керамических масс местных сырьевых материалов решение поставленных задач заключается, во-первых, в интенсификации физико-химических процессов, протекающих при обжиге масс и смещении температур разложения карбонатов в область 680–780 °С, что может быть достигнуто использованием минерализаторов. Во-вторых, в разработке составов глазурей, характеризующихся температурами спекания и наплавления соответственно 890–930 °С и 1040–1080 °С, что должно обеспечить формирование бездефектной глазурованной поверхности при температурах обжига 1100±20 °С.

Исследования выполнялись на керамических массах содержащих 70–75 %\* местных сырьевых материалов и характеризующихся следующим соотношением компонентов, %: глина «Гайдуковка» – 40–42,5; глина Курдюм-3 – 10–12,5; доломит – 10–12,5, каолин KZ-1 – 10; песок кварцевый – 10; гранитоидные отсеvy – 17,5. В качестве минерализаторов использовали:

---

\*Здесь и далее, если не оговорено особо, приведено массовое содержание.

микрокремнезем, аэросил, кремнегель, фосфорит Каратау, апатит Ковдорский, флюорит, криолит, фторид алюминия, которые вводились на стадии помола компонентов массы и их количество варьировалось в интервале от 0,2 до 2 %. Пресс-порошок готовили путем термического обезвоживания шликера после совместного помола компонентов в шаровой мельнице. Отпрессованные при максимальном удельном давлении  $25 \pm 2$  МПа плитки после сушки подвергались обжигу при температуре  $1100 \pm 5$  °С.

Плитки, полученные при обжиге на поточно-конвейерных линиях в условиях производства удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации [1] и обладают следующими свойствами: общая усадка – до 1 %, водопоглощение – 15,1–15,4 %, плотность кажущаяся – 1935–1943 кг/м<sup>3</sup>, пористость открытая – 29,2–29,6 %, термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР) –  $(7,43–7,47) \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>, предел прочности при изгибе – 19,6–20,5 МПа.

Согласно данным совмещенного термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии присутствие в массах микрокремнезема, флюорита и криолита позволяет сместить температуру диссоциации доломита в интервал 660–790 °С и увеличить температурный интервал между процессами декарбонизации керамической массы и спекания глазури до 130 °С, что в условиях скоростного обжига является существенным фактором формирования бездефектного покрытия и получения изделий высокого качества.

Механизм действия микрокремнезема, флюорита и криолита основан на их высокой химической активности и заключается в дестабилизации химических связей между структурными единицами доломита, облегчая его диссоциацию при меньшем дефиците энергии, о чем свидетельствуют рассчитанные значения энергии активации термического эффекта, которая составляет: для массы без минерализатора – 125,3 кДж/моль, для массы с микрокремнеземом, флюоритом и криолитом соответственно – 101,2 кДж/моль, 100,4 кДж/моль и 99,3 кДж/моль.

Использование фторида алюминия, апатита и фосфорита в исследованной керамической массе не привело к снижению температуры декарбонизации. Возможно, данные соединения инертны по отношению к компонентам системы или их количество недостаточно для создания условий, способствующих интенсификации процессов разложения карбонатов, что требует дополнительных исследований.

Для получения прозрачных покрытий для облицовочных плиток однократного обжига синтезированы глазури в системе  $R_2O-RO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$  (где  $R_2O$  –  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ;  $RO$  –  $CaO$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $BaO$ ), при следующем содержании компонентов, мол. %:  $SiO_2$  62–72;  $B_2O_3$  2,5–12,5;  $CaO$  7,5–17,5;  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $BaO$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  – остальное.

Блестящие с хорошим разливом бездефектные прозрачные покрытия образуются в интервале температур 1060–1100 °С при содержании  $CaO$  10–12,5 %,  $B_2O_3$  2,5–5 % и  $SiO_2$  64,5–67 %. Наличие в составах глазурных стекол оксидов щелочноземельных металлов ( $CaO$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $BaO$ ), наряду с

оксидами щелочных металлов ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ), способствует повышению устойчивости покрытий к развитию самопроизвольной кристаллизации. Помимо этого, как известно [2], с одной стороны оксид кальция понижает высокотемпературную вязкость стекол, что в условиях скоростного однократного обжига, когда плитка находится в зоне температур 900–1070 °С в течении 5–6 минут, позволяет получать равную и гладкую поверхность изделий. С другой стороны, оксид кальция увеличивает низкотемпературную вязкость, повышая температуру начала спекания покрытий до 900–920 °С.

Однако в области составов глазурных стекол, содержащих, мол. %:  $\text{CaO}$  12,5–17,5;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 2,5;  $\text{SiO}_2$  62–67, при увеличении содержания  $\text{CaO}$  взамен  $\text{SiO}_2$  происходит снижение температуры спекания глазури. В этой области определяющее влияние на спекание покрытий оказывает оксид кремния – как наиболее тугоплавкий компонент системы. Кроме того, глазурные стекла в данной области составов склонны к кристаллизации. Рентгенофазовым анализом установлена кристаллизация анортита и волластонита. Степень глушения покрытий усиливается при увеличении содержания в составах стекол  $\text{CaO}$ .

В результате комплексного изучения физико-химических процессов, протекающих при формировании керамического черепка и глазурного покрытия при однократном обжиге плиток для внутренней облицовки стен установлены технологические факторы и приемы (режим обжига, использование минерализаторов, характеристические температуры плавления глазури и т.д.), позволившие разработать энергоэффективную технологию производства облицовочных плиток на основе сырья Республики Беларусь.

Установлено, что в условиях однократного обжига для согласованного протекания процессов формирования керамического черепка и глазурного покрытия применение в составах масс минерализаторов (микрокремнезем, флюорит) обеспечивает смещение температуры разложения доломита в низкотемпературную область 680–780 °С, что в комплексе с использованием глазури с высокими температурами спекания и наплавления обеспечивает получение качественных изделий.

### **Список использованных источников**

- 1 Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен. Технические условия: СТБ 1354–2002. – Введ. 22.08.2002. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2002. – 9 с.
- 2 Аппен, А.А. Химия стекла / А.А. Аппен. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.

## СЕКЦИЯ «НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

### Огнеупорные материалы, предназначенные для эксплуатации в экстремальных условиях

*Валентин Антонович<sup>1</sup>, Римвидас Стонис<sup>1</sup>, Александр Волочко<sup>2</sup>,  
Кирилл Подболотов<sup>3</sup>*

*e-mail: [valentin@centras.lt](mailto:valentin@centras.lt)*

<sup>1</sup> *Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс*

<sup>2</sup> *Физико-технический институт Национальной академии наук  
Беларуси, Минск*

<sup>3</sup> *Белорусский государственный технологический университет, Минск*

С целью повышения энергетической безопасности в Литве и Белоруссии быстрыми темпами развивается энергетический сектор, основывающийся на использовании биотоплива. В последние годы введены в эксплуатацию и планируется строительство новых энергоблоков предназначенных для употребления биотоплива, а также для сжигания бытовых и медицинских отходов.

В этих технологических оборудованьях происходит интенсивное сжигание топлива в кипящем слое, процессы теплообмена и химических реакций, поэтому долговечность обычных огнеупорных материалов, употребляемых в экстремальных условиях (высокая температура – от 1000 до 1600 °С, агрессивная химическая среда, износ под воздействием потока газа и твердых частиц, термических циклов и т.д.) не достаточна. Стоимость огнеупорных материалов часто достигает 50 % стоимости тепловых агрегатов. Тем не менее, при определенных условиях эксплуатации, долговечность конструкции, изготовленных из огнеупорных материалов, составляет всего 1–2 года.

Создание новых огнеупорных материалов для использования в упомянутых условиях эксплуатации может обеспечить эффективность работы и долговечность тепловых агрегатов использующих новые технологии (процессы) по использованию биотоплива и различных способов сжигания отходов.

Работы выполнялись по двум направлениям: разработка огнеупорного бетона с улучшенными эксплуатационными свойствами и получение защитного покрытия для традиционных огнеупорных материалов на основе технологии само распространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Новизна работы по первому направлению заключается в том, что контроль формирования микро и нано структуры материала с подобранной комплексной добавкой производился на всех этапах формирования огнеупорного материала: гидратация, дегидратация (100-600 °С),

перекристаллизация и образование микротрещин (800-1000 °С), а также во время твердофазных реакций (1200-1400 °С). Было установлено, что используемый в комплексной добавке нано оксид кремния при гидратации глиноземистого цемента способствует формированию стратлингита ( $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{OH})_6\text{AlSiO}_{2-3}(\text{OH})_{4-3}] \cdot 2,5(\text{H}_2\text{O})$ ), за счет чего механическая прочность материала при эксплуатационных температурах (1000-1200 °С) увеличилась на 20% (до 120 МПа).

При использовании углеродных и полипропиленовых микро волокон удалось существенно повысить термическую стойкость огнеупорного бетона из-за образования мелко фрагментной структуры (рис.1) и увеличить его стойкость к взрывному разрушению (рис.2) из-за формирования микро каналов для свободного удаления паров воды. В бетоне также использовались специальные добавки для увеличения коррозионной стойкости при образовании щелочных шлаков в повышенных температурах эксплуатации энергетических агрегатов.

Разработанный состав огнеупорного бетона предлагается для применения в рабочем слое футеровки котлов работающих на древесном топливе и для аппаратов по сжиганию медицинских отходов.

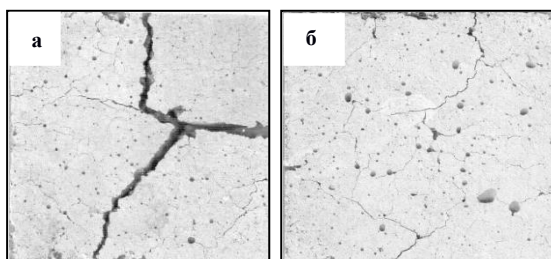


Рисунок 1. – Поверхность образца огнеупорного бетона после серии термических “ударов”: а- контрольный образец, б – разработанный состав

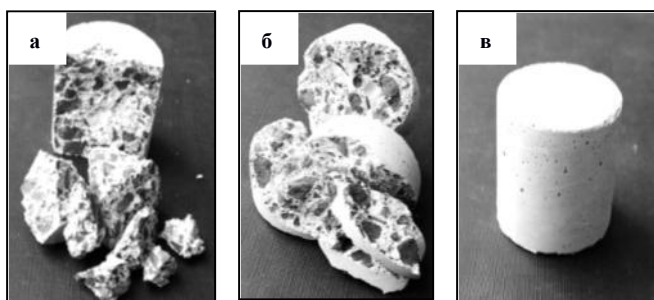


Рисунок 2. – Образцы бетона после теста на взрывное разрушение: а – контрольный образец; б – с добавкой углеродного волокна; в – с добавкой смешанного волокна

Нанесенные на поверхность традиционных огнеупоров защитные покрытия расширяют область температурного применения огнеупорных материалов, приводят к значительному снижению физико-химической коррозии (рис.3) и механической эрозии поверхности, повышают температурный ресурс огнеупоров в условиях статических и динамических (в том числе циклических) воздействий агрессивных сред и высокотемпературных газовых и пылевых потоков. Покрытия образуются на поверхности огнеупорных конструкций в процессе инициирования реакции СВС в обычном режиме эксплуатации тепловых агрегатов при 700–850 °С. Толщина огнеупорного покрытия может быть различной от 0,5 до 4 мм в зависимости от производственной необходимости.

Для обеспечения эффективной защиты традиционных шамотных огнеупоров в печах сжигания отходов было разработано СВС покрытие с рабочей температурой 1200 °С, обладающее высокой механической и адгезионной прочностью и не приводящее к налипанию зол и шлаков.

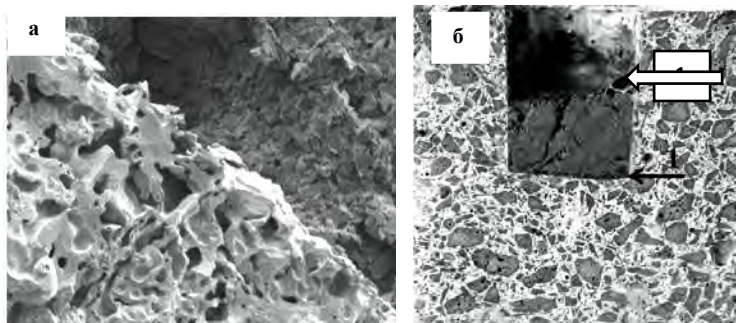


Рисунок 3. – Микроструктура покрытия нанесенного на бетон-основу (а) и образец огнеупорного бетона после коррозионного теста (б): 1-защитное покрытие толщиной 1 мм

Исследования финансировались Научным фондом Литвы по программе Литовско-Белорусского сотрудничества по проекту “Формирование структуры огнеупорного материала, предназначенного для эксплуатации в экстремальных условиях” (грант №. ТАР LB-05/2013).

## Защитно-упрочняющее огнеупорное керамическое покрытие

*К.Б. Подболотов, Р.Ю. Попов*  
*Белорусский государственный технологический университет*  
*e-mail: [podbolotov@belstu.by](mailto:podbolotov@belstu.by)*

Из большого количества используемых в настоящее время огнеупорных материалов наиболее распространенными являются алюмосиликатные, с массовым содержанием муллита на уровне 61-72 %. Известно применение самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для получения мертелей, а также разнообразных мастик, обмазок и т.д., которые используются при изготовлении футеровок печей в качестве связки для скрепления между собой изделий в кладке (мертельный раствор) или же для герметизации и защиты футеровки печей от воздействия газов, пыли, резких перепадов температур и т.д. (в виде обмазок и мастик).

Защитно-упрочняющее огнеупорное покрытие, получаемое с использованием технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), позволяет повысить срок службы применяемых огнеупоров и увеличить прочностные характеристики футеровки. Защитные СВС-покрытия различного вида огнеупорных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов могут широко использоваться в печах обжига строительных материалов, тепловых котлах ТЭЦ, металлургических печей, плавильных ваннах и тиглях, реакторах в химической и нефтехимической промышленности, печах утилизации отходов различной природы и других отраслях промышленности.

С практической точки зрения для получения разнообразных материалов строительного назначения (футеровочные материалы, огнеупоры, легкие ячеистые бетоны, тепло- и огнезащитные материалы) особое предпочтение получают СВС-системы, содержащие в своем составе диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ), поскольку этот компонент составляет основу большинства природных материалов и отходов стройиндустрии.

Проведены исследования керамических покрытий на основе систем  $\text{Al} - \text{SiO}_2$  и  $\text{Al} - \text{SiO}_2 - \text{C}$  на алюмосиликатных огнеупорах. Установлено, что оптимальными для обеспечения наиболее качественных защитных показателей являются СВС-смеси системы  $\text{Al} - \text{SiO}_2$ , поскольку при использовании добавки углерода (система  $\text{Al} - \text{SiO}_2 - \text{C}$ ) происходит увеличение пористости покрытия.

Разработанные покрытия характеризуются: хорошей адгезией к шамотной основе – 1,0–3,5 МПа, отсутствием трещин после сушки и обжига, термическая стойкость – 15–20 циклов (1000 °С – вода), пористость – не более 20 %, ТКЛР – по согласованию с материалом огнеупора, прочность материала покрытия – 50–100 МПа, огнеупорность – 1300–1800 °С.

Проведена оптимизация концентрации связующего – натриевого жидкого стекла для применения в СВС-покрытий блоков футеровки вагонеток обжига кирпича, работающих при температурах до 1100 °С. Установлено, что

оптимальное соотношение промышленно выпускаемого раствора жидкого натриевого стекла к воде по объему составляет 9:1 – 8:2, при использовании малоцентрированных растворов жидкого стекла покрытия после сушки имеют дефекты в виде трещин.

В результате выполненных исследований разработаны составы смесей с корректирующими добавками и технологические параметры получения, предложены составы СВС-покрытий для защиты керамзитового конструктивных элементов различных теплотехнических установок. Результаты работы предложены предприятиям ОАО «Керамика» (г. Витебск) и ОАО «Завод гравия г. Новолукомль», ОАО «Минский моторный завод» для промышленной апробации. На данных предприятиях проведено нанесение покрытий на огнеупоры различных теплотехнических агрегатах и проведены их испытания в условиях эксплуатации при выпуске продукции, которые показали перспективность использования покрытий.



# **Синтез нанокристаллических сегнетоэлектрических керамических материалов путем экзотермического взаимодействия в растворах органосолевых композиций**

*К.Б. Подболотов, А.А. Хорт*  
*Белорусский государственный технологический университет*  
*e-mail: [podbolotov@belstu.by](mailto:podbolotov@belstu.by)*

Как известно, свойства керамических сегнетоэлектриков зависят от их структуры, фазового состава, связанного с введением изовалентных и неизовалентных модифицирующих добавок как акцепторного, так и донорного типа, дисперсности и ряда других факторов. Для удовлетворения высоких требований, предъявляемых к материалам, используемым в электронной промышленности, усовершенствуются известные и разрабатываются новые методы синтеза. В современной технике широко используются методы высокотемпературного спекания, золь-гель метод, TGG-метод, плазменно-искровое спекание (SPS), гидротермальный метод и ряд других.

В последнее время исследователи все больше внимания уделяют методу самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (SHS), и, в частности, синтезу горением растворов (CSS). Этот метод основан на протекании экзотермической окислительно-восстановительной реакции в золь-гель комбинации, полученной из растворов при испарении растворителя.

В данной работе проводились исследования по получению сегнетоэлектрических керамических материалов на основе титанатов и цирконатов бария, свинца и висмута, определены оптимальные восстановители и условия получения материалов с высоким выходом целевых фаз. Установлены особенности формирования структуры и фазового состава материалов при экзотермическом синтезе их из растворов органо-солевых композиций. Показано, что микроструктура синтезированных материалов представлена отдельными кристаллическими элементами, агрегированными в виде тонких (толщиной менее 20–50 нм) пластинок, древовидных и нитевидных образований. Исследования структуры и фазового состава позволили установить, что в качестве оптимальных компонентов для получения титансодержащих керамических сегнетоэлектрических материалов (титанатов бария, свинца и висмута) необходимо применение: в качестве восстановителя – глицина, а в качестве носителя аниона – нитрата титанила или цирконила. Установлены особенности зависимостей электрофизических свойств синтезированных материалов, заключающиеся в снижении значений диэлектрической проницаемости с одновременным повышением стабильности частотных характеристик связанные с их высокодисперсной нанокристаллической микроструктурой. Синтезированы и исследованы основные электрофизические характеристики керамических материалов на основе титанатов и цирконатов бария и висмута со структурами, модифицированными путем введения ионов d- и f-металлов.

Практическая значимость состоит в получении порошков наноразмерных сегнетокерамических материалов, которые могут быть использованы при изготовлении чувствительных элементов полупроводниковых датчиков диоксида углерода. Изготовленные опытные датчики характеризуются высокой чувствительностью, низким энергопотреблением и высокой степенью селективности к таким газам как CO, H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>. Разработана технологическая схема получения сегнетоэлектрических керамических наноразмерных материалов, а также производства датчиков на их основе.

# **Исследование процессов формирования микроструктуры проницаемой высокоглиноземистой керамики для микро- и ультрафильтрации дисперсных гидросистем**

*Ю.Г. Павлюкевич, Н.Н. Гундилович*  
*Белорусский государственный технологический университет*  
[keramika@belstu.by](mailto:keramika@belstu.by)

Керамические мембраны для микро- и ультрафильтрации широко используются во многих отраслях промышленности, таких как пищевая промышленность, фармацевтика и биотехнология, молочная промышленность и производство напитков, химическая и нефте-химическая промышленности, металлообработка. Благодаря высокой механической прочности, термо- и химической устойчивости, низкому температурному коэффициенту линейного расширения они применяются для очистки молока и концентрирования молочных продуктов, очистки и осветления фруктовых и овощных соков, для фильтрации рабочих жидкостей при производстве алкогольных напитков, водоочистки.

В качестве наполнителя в исследуемых керамических массах использован глинозем ГК-2, в качестве связующего – глина Керамик-Веской стекло марки ХТ-1. Мел МК-1 и кокс КЛ-1 применялись в качестве дополнительных порообразователей. Содержание глинозема ГК-2 в составах керамических масс варьировалось в пределах 75–85 %, стекла марки ХТ-1 – 3,75–12,5 %; глины Керамик-Веско – 7,5–20 %; гиббсита ГБ-1 – 2,5–5 %. Сверх 100 % в массу вводился мел МК-1 и кокс КЛ-1 в количестве 5 %.

Термический анализ керамических масс осуществлялся на приборе DSC 404 F3 Pegasus фирмы NETZSCH. Фазовый состав синтезированных материалов изучался на дифрактометре ДРОН-7 с ионизационной регистрацией рентгеновских лучей. Исследования микроструктуры проводились на сканирующем электронном микроскопе JEOL 7600F (Япония) с системой химического анализа EDXJED-2201 JEOL (Япония). Оценка степени однородности полученных образцов на макроуровне осуществлялась на основании методики анализа результатов исследования кинетики водонасыщения и сушки материалов. Открытая пористость материала определялась по методике ГОСТ 2409. Исследования механической прочности при сжатии синтезированных материалов выполнены на гидравлическом прессе марки Walter + baiag серии LFM 100 (Швейцария) по стандартной методике согласно ГОСТ 8462.

Исследование микроструктуры керамических мембран позволило установить, что при размере каркасообразующих частиц 100–250 мкм поровая структура материала представлена развитой сетью открытых каналобразующих пор размером 10–40 мкм, что позволяет применять разработанный материал для микрофильтрации дисперсных гидросистем. Повышение содержания связующего в составе масс приводит к увеличению

количества образующегося при обжиге расплава и заполнению пор материала стеклофазой. Введение в массу для производства керамических мембран связующего в количестве более 20 % приводит к снижению открытой пористости и росту количества закрытых и тупиковых пор не участвующих в процессах фильтрации.

Использование метода анализа кинетики водонасыщения и сушки образцов керамических мембран позволило установить, что материалы характеризуются высокой степенью однородности структуры на макроуровне, что свидетельствует о равномерном использовании рабочего пористого пространства материала. При температуре обжига 1250 °С значения открытой пористости составляют 52,87–55,66 %; при температуре 1300 °С – 49,30–54,91 %; при температуре 1350 °С – 41,43–49,74%.

Исследование механической прочности образцов позволило установить, что значения механической прочности при сжатии образцов, полученных при температуре обжига 1250 °С составляют 0,167–2,083 МПа, при температуре 1300 °С – 0,291–3,125 МПа, при температуре 1350 °С – 0,860–12,526 МПа, и определяются степенью спекания материала, характером пористости и фазовым составом.

Анализ дифрактограмм позволил установить, что в исследуемых проницаемых материалах основной кристаллической фазой является корунд и муллит. Введение гиббсита приводит к росту механической прочности, что обусловлено активизацией процесса муллитообразования. Введение гиббсита способствует росту игольчатых кристаллов муллита и степени кристалличности материала связки.

Согласно данным дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) исследуемые массы имеют экзоэффект в интервале температур 920–990 °С, который обусловлен образованием скрыто-кристаллического муллита, причем величина экзоэффекта зависит от содержания глины и гиббсита в составах масс. При равном содержании глины величина экзоэффекта выше у составов, содержащих гиббсит, что свидетельствует о активном взаимодействии оксида алюминия  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , образующегося при разложением  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в интервале температур 220–360 °С, с оксидом кремния  $\text{SiO}_2$ , входящим в состав связующего.

Одной из важнейших эксплуатационной характеристикой керамических мембран является проницаемость. Она характеризует способность материала пропускать дисперсионную среду и определяет производительности фильтрующей системы. Значения коэффициента проницаемости и открытой пористости исследуемых керамических образцов, обожженных при температуре 1350 °С составляют  $(4,213\text{--}5,867) \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$ . Наблюдается корреляция значений коэффициента проницаемости образцов с соответствующими значениями открытой пористости.

В результате проведенной работы установлено, что использование связующего на основе стекла марки ХТ-1, глины огнеупорной Керамик-Веско и гиббсита ГБ-1 позволяет интенсифицировать процесс спекания

высокоглиноземистой проницаемой керамики и при температуре обжига 1350 °С получать изделия, обладающие высокими эксплуатационными свойствами. Бороалюмосиликатный расплав, образующийся при плавлении материалов связки, характеризуется высокой вязкостью и поверхностным натяжением, и обеспечивает конгломерацию частиц глинозема, формируя открытые каналообразующие поры.

Введение гиббсита в состав связующего интенсифицирует формирование муллита, как в объеме материала связки, так и на поверхности зерен наполнителя.  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , образующийся при его термической диссоциации, с одной стороны, активно переходит в бороалюмосиликатный расплав, насыщая его оксидом  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и, меняя физико-химические свойства расплава, с другой стороны, обладая высокой химической активностью, усиливает кристаллизацию, тем самым способствуя росту значений механической прочности.

Установлено, что величина механической прочности фильтрующей керамики также определяются площадью контакта между частицами. Чем она выше, тем на большую площадь распределяется прилагаемая нагрузка, а, следовательно, и выше механические показатели. Площадь контакта частиц в материале зависит от количества вводимого связующего и дисперсности зерен наполнителя. При фракции глинозема 100–250 мкм наибольшая прочность достигается при введении 25 % связующего.

В результате выполнения исследований разработан состав керамической массы, включающий в качестве наполнителя глинозем в количестве 80 %, а в качестве связующего глину огнеупорную Керамик-Веско – 12,5 %, стекло марки ХТ-1 – 5 %, гиббсит ГБ-1 – 2,5 %, мел МК-1 – 5 %, обеспечивающий при температуре синтеза 1350 °С высокие эксплуатационные свойства фильтрующей керамики: кислотостойкость 99,65 %; механическая прочность при сжатии 6,41 МПа; коэффициент проницаемости  $5,32 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$ .

## Полифункциональные термостойкие композиционные материалы на основе фосфатных связующих

*К.Н. Ланко*

*Белорусский государственный университет*

[lapkokn@bsu.by](mailto:lapkokn@bsu.by)

Более сорока лет на кафедре общей химии и методики преподавания химии Белорусского государственного университета разрабатываются различные термостойкие материалы на основе фосфатных клеевых композиций (ФКК).

ФКК состоят из связующего и наполнителя, которые смешиваются в определенных соотношениях непосредственно перед изготовлением материалов. В качестве связующего применяются фосфорная кислота, алюмофосфатные растворы, модифицированные различными добавками, в качестве наполнителей используются оксиды алюминия, хрома, железа, титана циркония, силикаты алюминия, циркония, природные минералы, отходы производств, причем степень использования отходов может достигать более 50 % от массы новых материалов.

Производство ФКК безотходно и не требует сложного оборудования и может быть организовано на любом предприятии строительного комплекса. После формования изделий или нанесения составов (покрытия, краски) производится их отверждение при комнатной температуре (от нескольких часов до нескольких суток) и, если необходимо, термообработка изделия до 50–300 °С.

Использование ФКК позволяет создать широкий ассортимент термостойких материалов с рабочими температурами до 1600 °С. К этим материалам относятся:

- теплоизолирующие и огнезащитные покрытия;
- клеевые композиции для склеивания металлов, керамики, стекла, дерева, графита;
- огнеупорные материалы – футеровки, бетоны, цементы, кладочные растворы;
- композиционные материалы, в т.ч. и текстолиты;
- краски;
- компаунды.

Важнейшие физико-технические характеристики разработанных материалов на основе фосфатных связующих (в зависимости от их состава) приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Основные физико-технические характеристики фосфатных материалов

Максимальная рабочая температура, °С	1600
Температура отверждения материалов, °С	20 – 300
Коэффициент линейного термического расширения, К <sup>-1</sup>	1÷9·10 <sup>-6</sup>
Теплопроводность, Вт/м·К	0.2 – 1
Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 <sup>10</sup> Гц	3 – 5
Электрическая прочность, кВт/мм	1.5 – 3
Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом·м	10 <sup>8</sup> – 10 <sup>12</sup>
Предел прочности при сжатии, МПа	до 300
Предел прочности при отрыве, МПа	до 15

Конкретная область применения материалов, условия их эксплуатации, достижение определенных физических, химических и механических характеристик определяются составом и соотношением основных компонентов: связующего и наполнителя. Так в зависимости от наполнителя это могут быть радиопрозрачные или радиопоглощающие материалы, диэлектрики или проводники, теплопроводящие или теплоизолирующие материалы, материалы для защиты от электромагнитного и ионизирующего излучения. Материалы могут быть эффективно применены в металлургии, производстве огнеупоров, стекол, керамики, строительных материалов, в авиационной и ракетно-космической технике.

Разработанные материалы имеют ряд технических преимуществ – они негорючи, нетоксичны, экологически чисты. По ряду составов получены авторские свидетельства и патенты. Некоторые из разработанных составов успешно использованы в узлах ракетно-космической системы «Энергия-Буран».

В последнее время разработаны и получены борсодержащие композиционные материалы, обладающие высокими прочностными свойствами ( $\sigma_{сж} > 300$  МПа) и рабочими температурами до 1000 °С в окислительной атмосфере, причем содержание бора в образцах может достигать более 80 масс. % [1]. Такие композиты могут рассматриваться как эффективные материалы для защиты от нейтронов и коллимации нейтронных пучков. Также их применение перспективно с точки зрения получения абразивных материалов.

Использование многослойных углеродных нанотрубок в качестве функциональной добавки (до 2 % МУНТ) позволило получить новый термостойкий электропроводящий материал, обладающий достаточной механической прочностью ( $\sigma_{сж} > 50$  МПа) и высокими значениями проводимости, который может быть использован в области электромагнитных, авиационных и космических технологий [2].

## Список использованных источников

1. Кужир, П.П. Термостойкие фосфатные композиции, модифицированные микроструктурными соединениями бора и углеродными нанотрубками для использования в прикладной ядерной физике [Текст] / П.П. Кужир, К.Н. Лапко, С.А. Максименко, В.А. Ломоносов, О.А. Ивашкевич, А.И. Лесникович, А.Н. Окотруб, П.В. Седышев, В.Н. Швецов // Докл. НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 3. – С. 68-72.

2. Электропроводящий термостойкий фосфатный композиционный материал: пат. РБ, МКП Н 01 В 1/18, С 04 В 28/34, В 82 Y 30/00 / О.А. Ивашкевич, К.Н. Лапко, А.И. Лесникович, В.А. Ломоносов, П.П. Кужир, С.А. Максименко, Л.Г. Булушева, А.В. Окотруб; заявители Учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем»; НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ; Учреждение РАН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения РАН. – № а 20120073; заявл. 19.01.2012; опубл. 23.12.2013 // Нац. центр интеллект. собственности.



## **Преобразование литейных металлов и сплавов в композиционные материалы**

*Ю.С. Ушеренко*

*Филиал БНТУ "Институт повышения квалификации и переподготовки  
кадров по новым направлениям развития техники, технологии  
и экономики"*

*e-mail : [osher\\_yu@mail.ru](mailto:osher_yu@mail.ru)*

Новые материалы с повышенным комплексом физико-механических свойств невозможно эффективно производить на основании традиционных подходов. Широко применяемые технологии либо не в состоянии обеспечить нужный уровень свойств (легирование, модификация), либо их применение оказывается дорогостоящим и энергозатратным (традиционная порошковая металлургия и композиционные материалы).

Альтернативой является создание композиционных материалов из литых металлических заготовок методом сверхглубокого проникания (СГП).

Сверхглубокое проникание – комплексное физическое явление, когда за доли секунды ( $10^{-8}$ - $10^{-4}$ ) сгусток порошковых частиц фракции менее 200 мкм, разогнанный до скоростей 700-3000 м/с, проникает в твердое металлическое тело на глубины в 100-10000 диаметров ударника (десятки, сотни мм). Такое физическое явление реализуется только в закрытой системе. При этом одновременно реализуются высокие и сверхвысокие давления (0,2-20 ГПа), интенсивная деформация, локальный разогрев, трение.

Под воздействием всех этих факторов структура матричного материала в зонах сверхвысокого давления измельчается вплоть до аморфизации. Эти зоны, переплетаясь с областями матричного материала, создают в поликристаллической матрице армирующий каркас и, соответственно, анизотропный композиционный материал.

В зависимости от материала заготовки и материала используемой порошковой композиции возможно варьировать в широком диапазоне свойства получаемого композита. Так, для образцов из сплава Al-12%Si, обработанных в режиме СГП порошками свинца и карбида кремния (SiC), электрохимические свойства полученных материалов сильно разнятся. При обработке порошком свинца коррозионная стойкость материала повышается на 18%, в то время как при обработке порошком карбида кремния, наоборот, падает на 27%. Таким образом, обработка порошком свинца позволяет создавать коррозионно-стойкие материалы, а обработка порошком карбида кремния – пористые материалы для фильтров.

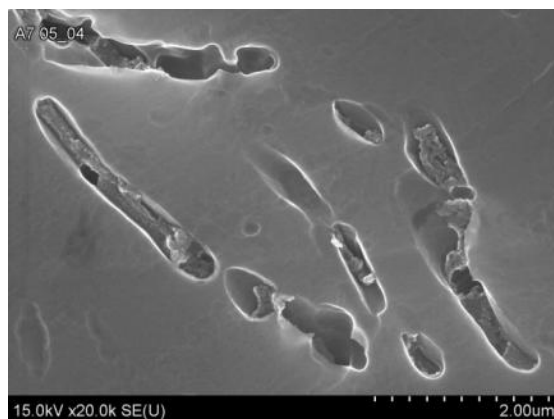


Рисунок 1. – Структура алюминиевого сплава, обработанного в режиме СГП

Полученные в режиме СГП композиционные стальные прутковые материалы из сплава Р6М5 имеют одновременно повышенный уровень износостойкости (1,5-3 раза) по длине, при сохранении ударной вязкости и предела прочности на изгиб на исходном уровне. Вводимая порошковая композиция локализуется в формируемых узких канальных зонах (локальное легирование), в которых происходит образование волокон каркаса. Последующее применение термической обработки позволяет завершиться процессам диффузии, что приводит к росту и развитию каркасных волокон.

При прошивке в режиме СГП поликристаллических металлов и сплавов на глубины в десятки миллиметров что позволяет создать экономно-легированные анизотропные композиционные материалы для различных областей применения – от металлорежущий и горнорежущий промышленности до электротехники.

## Волокнистые иониты ФИБАН, получение и применение

*А.П. Поликарпов, А.А. Шункевич*

*Институт физико-органической химии НАН Беларуси, г. Минск*

*E-mail: [fiban@ifoch.bas-net.by](mailto:fiban@ifoch.bas-net.by)*

Волокнистые иониты ФИБАН разработаны и выпускаются в институте. Ассортимент ионитов ФИБАН (катионитов, анионитов, полиамфолитов) в настоящее время составляет более 10 наименований и расширяется благодаря новым разработкам института. Высокая скорость ионообменных, сорбционных и каталитических процессов с участием волокнистых ионитов, возможность использования в виде различных текстильных форм обеспечивает их применение в виде тонких фильтрующих слоев с низким аэро- и гидродинамическим сопротивлением в фильтрах очистки воды и воздуха от вредных примесей.

Получение ионитов ФИБАН основано на химической модификации промышленно-производимых волокон полипропилена (ПП) и нитрона. ФИБАН К-4 получали прививкой акриловой кислоты (АК) на промышленно-производимые волокна ПП текс 0,33 и длиной резки 65-75 мм методом предоблучения на воздухе  $\gamma$ -лучами  $^{60}\text{Co}$  на исследовательской  $\gamma$ -установке РХМ- $\gamma$ -20 или в больших количествах на УГУ-400 с последующим выдерживанием облученных волокон в водных растворах АК [1]. Показана принципиальная возможность использования ускоренных электронов на ускорителе УЭЛВ-10-10 для предварительного облучения ПП волокон. Прививку АК проводили в водных растворах мономера при комнатной температуре на облученные на воздухе ПП волокна. С целью повышения химической стойкости привитых волокон и получения катионита для питьевых фильтров в раствор добавляли 0,25-2% N,N-метиленабисакриламида (МБАА) [2]. При этом с ростом содержания МБАА увеличивается степень прививки и конверсия АК, снижается выход побочного продукта – гомополимера АК в растворе. Привитые волокна ПП с АК со степенью прививки 50-80% и статической обменной емкостью 4-6 мг-экв/г используются в фильтрах очистки питьевой воды от ионов железа, тяжелых и цветных металлов [3]. ФИБАН К-4 также поглощает аммиак из воздуха при его относительной влажности более 56%, поэтому используется в качестве добавки в нетканых материалах из волокнистых анионитов ФИБАН А-6 и ФИБАН А-5 для уменьшения выделения загрязнителей основной природы (аммиака, аминов) в фильтрах тонкой очистки воздуха от диоксида серы в производственных помещениях. Прямой прививкой АК к гранулам или волокнам ПП ( $\gamma$ -облучение гранул или волокон в растворе АК с добавкой МБАА) получали матрицу для создания гемосорбента [4].

Методом прямого  $\gamma$ -облучения ПП волокон в водно-мономерной смеси (стирол с дивинилбензолом) получали волокна с содержанием привитого сополимера 100-110%, на основе которых разработали технологию и освоили

опытно-промышленное производство волокнистых ионитов. Сульфированием привитого сополимера хлорсульфоновой кислотой получали волокнистый сульфокатионит ФИБАН К-1 со статической обменной емкостью 3,0-3,5 мг-экв/г, а хлорметилированием и последующим аминированием триметиламином – сильноосновной анионит ФИБАН А-1 с обменной емкостью 2,5-3,0 мг-экв/г.

ФИБАН К-1 в фильтрах очистки воздуха от аммиака обеспечивает глубокую очистку в условиях чистых комнат предприятий микроэлектроники, используется для умягчения воды, для оснащения радиометров (контроль содержания радионуклидов), перспективен в качестве катализатора, сорбента драгоценных металлов для геохимических поисков, красителей из сточных вод. Перспективы использования ФИБАН А-1 – очистка воды от нитратов, иода, обессоливание воды, получение палладиевого катализатора для обескислороживания воды, получение полииодидных бактерицидных волокон.

Модификацией волокна нитрон водными растворами различных аминов и другими реагентами (эпихлоргидрин, монохлорацетат натрия) получали катиониты ФИБАН Х-1, ФИБАН Х-2, ФИБАН К-3 и аниониты ФИБАН АК-22, ФИБАН А-5, ФИБАН А-6, полиамфолит ФИБАН АК-22В, которые используются для очистки воды от ионов железа и цветных металлов (катиониты), нитратов (ФИБАН А-6) и воздуха от кислых газов, паров и аэрозолей (аниониты). Ведутся поисковые работы по использованию ионитов для сорбции благородных и редкоземельных металлов, выделению красителей из водных растворов [5].

Разрабатывается технология очистки речной воды для нужд энергетики от органических загрязнений с использованием ФИБАН А-5W.

Высокая сорбционная емкость по отношению к ионам тяжелых металлов волокнистого катионита ФИБАН Х-1 [6,7] и высокая скорость ионного обмена волокнистого ионита позволяют использовать его в фильтрующих устройствах при высоких скоростях потока очищаемых растворов. На модельных растворах, приготовленных на водопроводной воде с дополнительно введенными солями свинца, показано, что при содержании ионов свинца в воде на уровне 2-3 ПДК степень очистки от свинца фильтром с использованием катионита ФИБАН Х-1 составляет не менее 85%. Этот результат получен при высоких скоростях потока и минимальных значениях времени контакта сорбента с водой (1,3 – 5,3 сек). Ресурсные испытания картриджа SL10, содержащего 200 г пряжи из катионита ФИБАН Х-1 при скорости потока 1000 л/ч и времени контакта сорбента с водой  $\tau=2$  сек позволили сделать заключение о возможности очистки до санитарных норм 35 м<sup>3</sup> воды с содержанием свинца 60 мг/м<sup>3</sup> (6 ПДК). Определены режимы регенерации картриджа после его насыщения ионами свинца с полным восстановлением динамической и сорбционной емкости. Проведенные исследования указывают на возможность создания одно и многокартриджных фильтров для очистки воды от свинца производительностью от 1 до 200 м<sup>3</sup>/ч с возможностью автоматической регенерации.

Разработаны способы модификации ионитов ФИБАН с целью расширения

возможностей их использования. Модификация ФИБАН К-1 ферроцианидами металлов позволила получить селективный сорбент Cs-137, который может применяться для концентрирования ионов Cs-137 из водных растворов и перспективен для очистки жидких радиоактивных стоков. Импрегнацией ортофосфорной кислотой термоскрепленного иглопробивного полотна на основе ФИБАН АК-22В получали сорбент аммиака для глубокой очистки воздуха. Модификацией анионитов ФИБАН бисульфитом натрия получали сорбент формальдегида, а иодированием из растворов иода и иодистого калия - бактерицидный материал, используемый в бытовых фильтрах. Осаждение оксигидрата железа (III) на волокнах ФИБАН А-5 позволяет получить композиционный железосодержащий сорбент, применяемый для удаления соединений мышьяка из питьевой воды [8].

В Институте создано опытно-промышленное производство волокнистых ионитов ФИБАН с объемом выпуска до 20 т в год. Волокнистые иониты перерабатываются на предприятиях Беларуси в иглопробивные материалы поверхностной плотностью 200-1000 г/м<sup>2</sup>, а ФИБАН Х-1 и ФИБАН Х-2 в аппаратную пряжу и поставляются по заказам производителей очистных устройств и других потребителей.

#### **Список использованных источников**

1. Медяк Г.В., Шункевич А.А., Поликарпов А.П., Солдатов В.С. // ЖПХ. -2001.- Т.74, вып.10. - С. 1608-1613.
2. Пригожаева Л.М., Поликарпов А.П., Шункевич А.А. // Весці НАН Беларусі.- 2009. -№2.- С. 87-90.
3. А.А. Шункевич. //Сорбционные и хроматографические процессы.- 2001.- Т.1, № 5. - С. 754-763.
4. Федоров А.А., Макаревич Д.А., Голубович В.П., Поликарпов А.П. Матрица на основе полиэтилена для создания гемосорбента. Пат. № 14215, РБ. Опубл. 30.04.2011. Оф. бюл. №2(79). 2011. С.94.
5. Л.М. Солдаткина, Л.А. Синькова, Е.В. Сагайдак, А.П. Поликарпов, А.А. Шункевич // Вестник ОНУ. Т.13. Хімія. - 2008.-. Вып.12.- С. 108-113.
6. В.И. Грачек, А.А. Шункевич, Р.В. Мацынкевич, В.С. Солдатов.// Экология и промышленность России. - январь 2005.- С.25-27.
7. Soldatov V.S., Shunkevich A.A., Elinson I.S., Johann J., Iraushek H. // Desalination.- 1999.- Vol.124. – P.181-192.
8. О.М. Ватутина, В.И. Соколова, В.П. Сокол, В.С. Солдатов. //Весці НАН Беларусі. Сер.хім. наук. - 2006.- №1.- С. 58-61.

# Перспективы развития химии анизотропных (жидкокристаллических) материалов и их практического использования

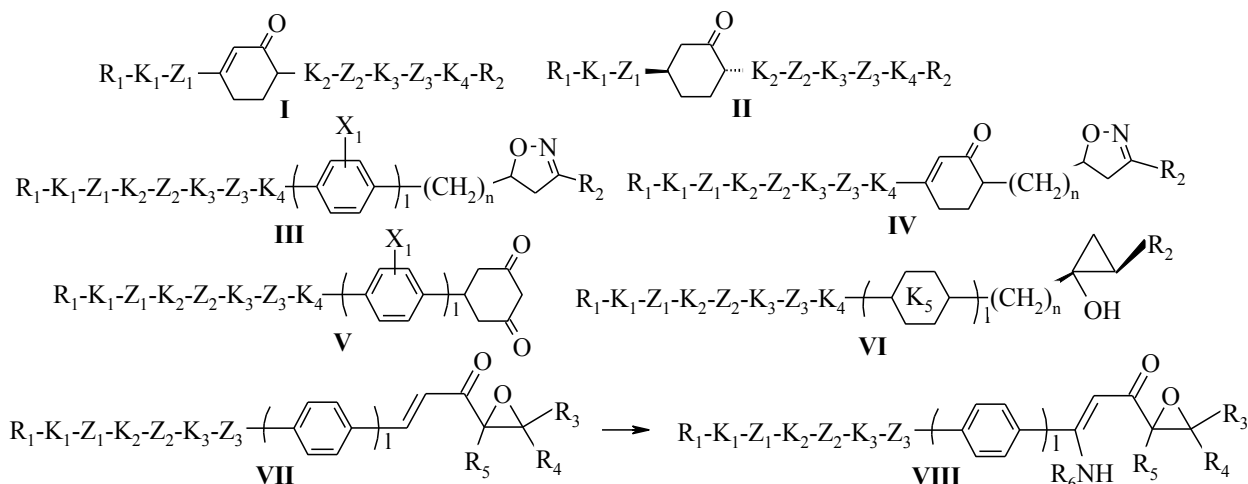
*В.С. Безбородов\**<sup>1</sup>, *С.Г. Михаленок*<sup>1</sup>, *Н.М. Кузьменок*<sup>1</sup>,  
*В.И. Лапаник*<sup>2</sup>, *Г.М. Сосновский*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup>НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко

\*e-mail: [v.bezborodov@yahoo.com](mailto:v.bezborodov@yahoo.com)

Проведен сравнительный анализ различных синтетических схем и технологических аспектов получения анизотропных соединений, включая жидкокристаллические, и материалов на их основе. Установлено [1-5], что для синтеза как известных, так и новых анизотропных карбоциклических и гетероциклических соединений, имеющих стержнеобразную форму молекул и характеризующихся их ориентационной упорядоченностью, наиболее перспективны 3,6-дизамещенные циклогекс-2-еноны (**I**), *транс*-2,5-дизамещенные циклогексаноны (**II**), 3,5-дизамещенные 2-изоксазолины (**III**, **IV**), 5-замещенные циклогексан-1,3-дионы (**V**), 1,2-дизамещенные циклопропанола (**VI**) и непредельные эпоксикетоны (**VII**, **VIII**).



$R_{1,2}$  = алкильный или алкоксильный фрагменты, F, Cl, CN, CF<sub>3</sub>, OCF<sub>3</sub> или хиральный фрагмент;  $K_{1-5}$  = связь или бензольное, циклогексановое, или циклогексеновое кольца;  $n = 0-5$ ;  
 $Z_{1-3}$  = связь или CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>, или другие мостиковые фрагменты;  $l = 0$  or  $1$ ;  $R_{3-6}$  = H или алкильный, или арильный фрагменты

Доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенонового, циклогексанового, изоксазолинового, циклогександионового, циклопропанового, эпоксикетонного фрагментов различными реагентами позволяют целенаправленно проводить синтез анизотропных материалов с желаемой комбинацией алкильных, циклических, мостиковых фрагментов;

необходимым количеством и положением атомов галогенов, гидроксид-, других функциональных или полярных групп в центральной и концевой частях молекул.

Полученные результаты показывают, что предлагаемая методология синтеза анизотропных материалов отличается оригинальностью, имеет несомненные преимущества в сравнении с известными методами получения аналогичных соединений.

Целенаправленный синтез 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов (I), *транс*-2,5-дизамещенных циклогексанонов (II), 3,5-дизамещенных 2-изоксазолинов (III, IV), 5-замещенных циклогексан-1,3-дионы (V), 1,2-дизамещенных циклопропанолов (VI) и последующие их превращения открывают путь к получению новых жидкокристаллических соединений и материалов на их основе, обладающих низкой температурой образования, широким температурным интервалом существования нематической или смектической А, С фаз; высоким значением положительной или отрицательной диэлектрической анизотропии, различными значениями оптической анизотропии, малой вязкостью нематической фазы, оптимальными электрооптическими и динамическими параметрами, необходимыми для создания высококачественных электрооптических устройств отображения информации.

Установлено, что восстановление изоксазолинового фрагмента (III, IV), раскрытие оксиранового (VII, VIII) цикла водой в кислой среде, галогенводородными кислотами, вторичными аминами открывают доступ к соответствующим  $\alpha$ -диолам, галогенгидридам или аминок спиртам, при этом, последние могут быть переведены в водорастворимую форму в виде солей с минеральными кислотами. Субстраты (VII, VIII) могут быть включены в реакции 1,3 – диполярного циклоприсоединения с диазосоединениями, нитрилоксидами, нитрилилидами, замещенными азидами по активированной двойной связи. Это позволяет дополнительно генерировать ароматический цикл или вводить функциональные группы в  $\alpha$ - или  $\beta$ -положения кратной связи - трансформация (VII)  $\rightarrow$  (VIII).

Стоит отметить, что разнообразие вариантов модификации изоксазолинового, циклопропанового, винилэпоксикетонного фрагментов, возможность получения водорастворимых веществ, имеющих стержнеобразную форму молекул и характеризующихся высокой их упорядоченностью друг относительно друга, являются несомненными отличительными достоинствами указанных соединений и позволяют использовать их для создания нового поколения анизотропных материалов с широким спектром практического использования.

## Список использованных источников

1. R. Dabrowski, V. Bezborodov. *Liquid Crystals*. **2006**, v. 33, p. 1487
2. V.S. Bezborodov, N.N. Kauhanka, V.I. Lapanik, C.J. Lee. *Liquid Crystals*. **2003**, v. 30, p. 579.
3. V. Bezborodov, V. Lapanik G. Sasnouski. *Arcivoc*. **2008**, v.9, p. 52.
4. N.M. Kuz'menok, T.A. Koval'chuk, A.M. Zvonok. *Synlett*. **2005**, p. 485.
5. V.S. Bezborodov, I.M. Zharski, O.B. Dormeshkin, S.G. Mikhalyonok, N.M. Kuzmenok. *4<sup>th</sup> Workshop on Liquid Crystals for Photonics*. Hong Kong, China. **2012**, p. 24.



# Исследования в области компьютерного моделирования свойств перспективных материалов и технологических процессов микро- и наноэлектроники

*В.Р. Стемпичкий, М.С. Зеленина, О.А. Козлова*  
*Белорусский государственный университет информатики*  
*и радиоэлектроники*  
*e-mail: [vstem@bsuir.by](mailto:vstem@bsuir.by)*

Фундаментальные и прикладные исследования последних лет продемонстрировали широкие возможности применения наноструктурированных материалов в различных областях науки и техники. Эффективным инструментом в дальнейшем прогрессе понимания и объяснения физических явлений, происходящих в наноразмерных объектах, принадлежит использованию *ab initio*, первопринципных методов моделирования.

Особое внимание с настоящее время привлекает оксид цинка (ZnO). В частности, экспериментальные исследования показали, что наноструктурированный ZnO, при определенных условиях приобретает ферромагнитные свойства обладая при этом высокой температурой фазового перехода второго рода. За последние десять лет было проведено огромное число экспериментальных исследований с целью выявления ферромагнетизма у ZnO и уже не раз удавалось получить соединения на основе оксида цинка с температурой Кюри выше комнатной. Это открывает возможности использования оксида цинка в качестве материала структурных элементов запоминающих устройств, функционирующих на спиновых эффектах. Однако, результаты, полученные исследователями, не сводятся к единому выводу, а именно, если одна группа коллективов экспериментаторов получила данные, свидетельствующие о наличии ферромагнетизма в ZnO, то другая группа не смогла его выявить.

Еще одной группой перспективных наноструктурированных материалов являются ультратонкие квази-двухмерные структуры слоистых дихалькогенидов переходных металлов (ХПМ). Материалы данного типа технологически просты в производстве, эффективны в использовании и обладают более широким диапазоном электро-химических свойств. В частности, структуры, состоящие из одного или нескольких слоев ХПМ, полученные посредством отслаивания объемных материалов или CVD-методом, являются прямозонными полупроводниками, значение запрещенной зоны и тип носителя заряда которых, колеблется в зависимости от кристаллографической конфигурации, химического состава и размерности соединений. Таким образом, возможность модификации электронной структуры ХПМ делает их привлекательными для различных приложений микро- и наноэлектроники.

В дополнение к составу и кристаллографической конфигурации атомов в соединениях ХПМ, размерность играет решающую роль в определении их

основных электронных свойств. Наиболее ярким примером проявления аналогичного поведения является графен, уникальные свойства которого отсутствуют в объемном графите. Высокие исследования электронных свойств графена и разработанных методологий подготовки и получения сверхтонких слоев привело к освоению других двумерных материалов. В частности, монослои ХПМ структур, подобные структуре графита, получили значительное внимание, так как некоторые из них являются полупроводниками с значительной шириной запрещенной зоны и широко распространены в природе.

В слоистых структурах ХПМ IV группы, каждый слой имеет толщину  $6 \sim 7$  Å, который состоит из гексагонально упакованного слоя атомов металла между двумя слоями атомов халькогена. Связи М – Х внутри слоя преимущественно ковалентные, слои соединены слабыми ван-дер-ваальсовыми силами, таким образом, возможно легко расщепить кристалл вдоль поверхности слоя. Соединения ХПМ IV группы являются узкозонными полупроводниками или полуметаллами, характеризуются низким значением удельного электрического сопротивления ( $\sim 10^{-6}$  Ом·см) и периодическим перераспределением в пространстве электронного, ионного и суммарного зарядов (волна зарядовой плотности). Длина связи М – М в структурах ХПМ IV группы изменяется в диапазоне от 3,15 Å до 4,03 Å, в зависимости от размера ионов металла и халькогена. Эти величины на 15-25% больше, чем длины связей, в соединениях переходных металлов твердых веществ, что указывает на ограниченное энергетическое и пространственное перекрытие орбиталей в соединениях ХПМ. Кристаллографическая конфигурация металлов М в структуре ХПМ может быть как тригонально призматической, так и октаэдрической.

Для анализа магнитного состояния наноструктуры традиционно используются современные методы зонных расчетов, основанных на теории функционала электронной плотности (density-functional theory – DFT). Получаемые результаты касаются распределения энергетических зон, плотностей состояний и характера их спинового расщепления, величин магнитных моментов атомов-компонентов в дефектных системах. Оценка энергий различных магнитных состояний системы, используется для обоснования типа спинового упорядочения. Еще одним важным расчетным параметром, который привлекаемыми при изучении типа коллективного магнетизма, являются параметры обменных взаимодействий.

Моделирование проводилось с использованием программного комплекса VASP [1-2], который реализует первопринципные методы расчетов фундаментальных электронных, оптических и магнитных свойств материалов. Данная программа для квантово-механических расчетов применяет метод псевдопотенциала и разложения волновых функций в базисе плоских волн.

В рамках квантово-механического подхода исследованы электронные и магнитные свойства зернистых пленок ZnO и квазидвухмерных структур TiS<sub>2</sub> и TiSe<sub>2</sub>.

Установлено, что зернистая структура ZnO имеет стабильную

ферромагнитную фазу. Магнитный момент равен  $2,51 \mu\text{B}$  (магнетон Бора). Получено распределение эффективной спиновой магнитной плотности в структуре. Показано, что распределение магнитной плотности в дефектной структуре ZnO носит анизотропный характер: значение магнитной плотности достигает максимального значения в области межзеренной границы и равно нулю в областях отдаленных от нее. Эта особенность позволяет сделать предположение о наличии зависимости ферромагнетизма ZnO от размера и разориентации зерен в его структуре. Такое предположение позволяет объяснить различия в результатах измерений ферромагнетизма в образцах ZnO и дает возможность использования данной структуры в приборах сенсорики.

Обнаружено, что объемный  $\text{TiS}_2$  является полуметаллом, а его квазидвухмерный аналог  $\text{TiS}_2$  является полупроводником с шириной запрещенной зоны  $1,1 \text{ эВ}$ . Электронные свойства  $\text{TiSe}_2$  также изменяются при уменьшении размерности структуры. Квазидвухмерная структура  $\text{TiSe}_2$  является полупроводником с шириной запрещенной зоны  $0,7 \text{ эВ}$ . Магнитные свойства в исследованных структурах  $\text{TiS}_2$  и  $\text{TiSe}_2$  не обнаружены. Анализ результатов моделирования свидетельствуют многообразии физико-химических свойств указанных объемных и квазидвухмерных структур на основе ХПМ, что в свою очередь предоставляет множество возможностей для использования электронных и магнитных свойств указанных соединений для широкого круга приложений микро- и наноэлектроники, в частности для устройств хранения энергии, каталитически активных элементов в оптоэлектронике, и в структурных компонентах микроэлектронных приборов.

### **Список использованных источников**

1. Kresse, G. (1996). Efficiency of ab-initio total energy calculations for metals and semiconductors using a plane-wave basis set. *Comput. Mat. Sci.* 6: 15-19.
2. Kresse, G., Marsman, M., & Furthmüller, J. (2003). *VASP the guide: tutorial*. Vienna: University of Vienna.

## **Моделирование тепловых и электронных процессов в наноструктурах**

*В.И. Белько, Л.Ф. Макаренко*

*Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики  
и информатики, Минск, Беларусь*

*e-mail: [belko@bsu.by](mailto:belko@bsu.by), [makarenko@bsu.by](mailto:makarenko@bsu.by)*

Уменьшение размеров полупроводниковых приборов ведет к изменению физических принципов, определяющих их функционирование. Возрастает необходимость все более широкого использования принципов микрофизики (законов квантовой физики и детального учета атомного строения вещества). Это приводит к необходимости разработки новых способов моделирования наноэлектронных приборов для последующего их использования при создании новых пакетов автоматизированного проектирования полупроводниковых приборов и интегральных схем.

Одной из проблем, требующих решения, является задача адекватного моделирования тепловых процессов в наноструктурах. Высокая степень компоновки современных электронных устройств и чрезвычайно высокая плотность тока в них приводит к существенному нагреванию отдельных элементов и целых интегральных схем. Проблема высокой температуры в интегральных схемах становится одной из важнейших для наноразмерной электроники и будет еще более важной в связи с внедрением новых трехмерных схем. Есть ряд эффектов, которые являются характерными для теплопереноса в наноструктурах. Во-первых, эффективная тепловая проводимость тонких кремниевых слоев намного ниже, чем проводимость сплошного кремния. Во-вторых, если в электронном устройстве появляется горячая локальная зона размером порядка десяти нанометров, распределение температуры имеет резкий скачок на границе этой зоны. Третий важный эффект – контактное тепловое сопротивление на стыке разнородных слоев. Традиционные методы численного моделирования, которые используются для макроскопических объектов, не могут быть непосредственно применены при моделировании наноразмерных устройств. Например, при моделировании теплопереноса главная трудность заключается в том, что доминирующий механизм переноса тепла основан на образовании и движении фононов. У фононов, которые являются волнами атомных колебаний, есть широкий спектр длин волн, и этот спектр зависит от состава, геометрии и других свойств данного устройства. Коротковолновые фононы легко образуются в электронных устройствах во время переноса электронов, в то время как фононы с большой длиной волн являются наиболее эффективными для переноса тепла.

Метод молекулярной динамики идеально подходит для моделирования тепловых эффектов в наноразмерных структурах. Наибольший интерес представляет моделирование теплового потока через тонкие слои кремния и изолятора толщиной в несколько миллимикрон, что является типичной

ситуацией для затворов в кремниевых КМОП-устройствах.

В данной работе выполнен молекулярно-динамический расчет параметров теплопроводности в кремниевых наноструктурах с использованием неравновесного прямого метода. Рассмотрим образец модельного кристалла кремния в виде прямоугольного параллелепипеда. Для данной задачи параллелепипед должен быть вытянут в направлении  $x$ , вдоль которого будет искусственно формироваться температурный градиент следующим образом. В области параллелепипеда, прилегающей к его правому концу, генерируем входящий тепловой поток (увеличивая скорости частиц в соответствии с требуемой величиной потока), а на левом конце – аналогичным образом порождаем сток тепла. Предварительно модельный кристалл должен быть приведен в равновесие при заданной температуре в течение достаточно долгого времени. После продолжительного процесса моделирования с фиксированными потоками тепла в образце формируется температурный градиент. В результате можно оценить коэффициент теплопроводности на основании закона Фурье.

Результаты данной работы для случая тонкого слоя кремния (7.6 нм и 15.2 нм, соответственно) показывают рост коэффициента теплопроводности в зависимости от толщины слоя. При этом полученные значения существенно меньше, чем экспериментально измеренные в сплошном кремнии. Результат для нанопроволоки (образец со свободными по всем направлениям граничными условиями) сопоставим с результатом работы [1], где время релаксации при формировании температурного градиента было значительно больше и получено значение коэффициента теплопроводности порядка 1 Вт/м·К. Полученное значение коэффициента для образца с периодическими по всем направлениям граничными условиями (сплошной кремний) соответствует величине 5 Вт/м·К из работы [2], где время релаксации также было значительно больше.

Пакет молекулярной динамики LAMMPS позволяет во всех случаях использовать ускорение расчетов за счет параллельного выполнения на многопроцессорных системах. Более того, управляющие команды позволяют задать входящий и выходящий тепловые потоки без модификации кода. Однако выбрать параметры моделирования так, чтобы получить температурный градиент и не разрушить при этом динамику системы, достаточно сложно. Таким образом, при наличии опыта удачного использования названных опций, использование пакета LAMMPS является вполне оправданным.

Еще один тип задач возникает при анализе работа одноатомного транзистора. В настоящее время одними из наиболее перспективных физических объектов для реализации квантовых вычислений и квантовых средств связи являются одиночные атомы мелких примесей, размещенные вблизи поверхности полупроводника. Примером такого объекта является квантовый процессор на основе примесных атомов фосфора в кремниевой матрице, который был предложен Кейном [3]. Одним из важных элементов этой реализации является возможность управления процессом ионизации одиночного донора, расположенного вблизи поверхности раздела сред, с помощью электрического поля. Проблема управлением волновыми функциями

и энергетическим спектра донорного электрона приводит к необходимости совместного решения краевых задач для уравнения Лапласа и стационарного уравнения Шредингера.

Нами было проведено моделирование свойств зарядового кубита в кремнии с использованием метода конечных элементов. Было проведено исследование зависимости относительной погрешности от диаметра разбиения ( $h$ ). Погрешность в собственных значениях было оценено как  $Ch^2$ , и рассчитанные в работе зависимости позволяют приближенно определить константу  $C$ . Были получены зависимости критического потенциала ионизации донора от диаметра затвора, создающего электрическое поле, а также от расстояния между донором и затвором. Проведено сравнение энергетических уровней в случае конечного размера затвора и в случае однородного внешнего поля. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании наноразмерных электронных устройств.

### **Список использованных источников**

1. Yang, X. *Anomalous heat conduction behavior in thin finite-size silicon nanowires* / X. Yang, A. To, R. Tian // *Nanotechnology*. 2010. Vol.21. P.155704.
2. Srinivasan, S. *On parallel NEMD simulations of heat conduction in heterogeneous materials with three-body potentials: Si/Ge superlattice* / S. Srinivasan, R.S. Miller // *Numerical Heat Transfer*. 2007. Vol. B52. P. 2971998.
3. B.E. Kane. *Nature (London)*. 1998. Vol.393. P.133.

**СЕКЦИЯ**  
**«ОТДЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНЫХ ПРОЕКТОВ**  
**И ПРЕДЛОЖЕНИЯ К СОТРУДНИЧЕСТВУ. ГУМАНИТАРНЫЕ**  
**И СОЦИАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»**

**Белорусско-литовский проект оптимизации профессионально-  
квалификационных структур образования на основе  
международных классификаций объектов  
в сферах образования, экономики и занятости**

*О.А. Олекс*  
*Республиканский институт высшей школы*  
*e-mail: [oleks49@mail.ru](mailto:oleks49@mail.ru)*

Образование, получаемое с целью присвоения квалификации и включения человека в профессиональную деятельность, определенным образом структурируется. Состав и взаимосвязь элементов образования, структурированного по видам профессиональной деятельности во взаимосвязи с квалификациями, называем профессионально-квалификационной структурой образования (ПКСО). В Республике Беларусь ПКСО характеризует состав и взаимосвязь объектов в сфере образования, классификация которых представлена в Общегосударственном классификаторе Республики Беларусь «Специальности и квалификации» ОКРБ 011-2009 [1, 2].

При этом по видам профессиональной деятельности и квалификациям формируется кадровый потенциал страны. Кадровый состав и взаимосвязь составляющих его элементов в сфере экономики и занятости называют профессионально-квалификационной структурой кадров (ПКСК). Для многих стран мира, в том числе и для Республики Беларусь, сохраняется актуальность поиска решения задачи: устранить разрыв между предложением образовательных услуг и спросом на них, между темпами развития ПКСО и ПКСК.

Очевидно, что развитию любого государства и общества будет способствовать реализация закономерности: ПКСО с небольшим опережением в развитии гармонизирует с ПКСК. Однако сложно не только решить проблему, но и обнаружить результаты исследований, которые бы позволили узнать: каково влияние образования и его профессионально-квалификационной структуры на сферу экономики и сферу занятости, какова взаимосвязь ПКСО и ПКСК. Необходимо отметить, что данная взаимосвязь определяется в условиях глобализации и интеграции экономики, образования, занятости. ЮНЕСКО разработаны и приняты в 2013 г. «Области образования и профессиональной подготовки» в рамках Международной стандартной классификации образования (МСКО 2011) [3]. Европейское экономическое сообщество

пользуется Международной стандартной классификацией видов экономической деятельности. Во многих странах мира внедряется Международная стандартная классификация занятий и формируется Национальная система квалификаций на основе Европейской рамки квалификаций. Республика Беларусь готовится к прямому внедрению международных стандартных классификаций. С 2016 г. будет применяться Общегосударственный классификатор Республики Беларусь «Виды экономической деятельности» ОКРБ 005-2011 (ОКЭД): установлены 4 уровня классификации, принятой Европейским экономическим сообществом. Системе образования предстоит не только реагировать на появление новых отраслей и видов экономической деятельности, согласно ОКЭД. Министерством образования Республики Беларусь поставлена задача: обеспечить гармонизацию отечественной структуры образования с современной МСКО, ориентируя образовательные программы на виды экономической деятельности с целью более эффективного использования средств, выделяемых на подготовку кадров [4]. За системой образования сохраняется и прогностическая функция: способствовать появлению новых видов деятельности, новых квалификаций и новых видов занятости в соответствии с упомянутой выше закономерностью.

Можно предположить, что данная задача актуальна как для Беларуси, так и для Литвы. В связи с чем, приглашаем литовских партнеров к выполнению совместного проекта оптимизации профессионально-квалификационных структур образования на основе международных классификаций объектов в сферах образования, экономики и занятости.

Основная цель проекта представляется следующей: поиск решения проблем обеспечения единства и взаимосвязи сфер образования, экономики и занятости в европейском измерении с реализацией ожидаемых решений в оптимизированных профессионально-квалификационных структурах образования Беларуси и Литвы.

Гипотеза такова: объединяя научно-исследовательский потенциал ученых и специалистов Беларуси и Литвы, можно ускорить сближение образовательных возможностей и образовательных потребностей, повысить эффективность затрат на подготовку квалифицированных кадров путем оптимизации профессионально-квалификационных структур образования, в том числе их элементов (специальностей, иных классификационных группировок, квалификаций).

Основой для совместного поиска решений существующих в этой области проблем являются:

- документы ЮНЕСКО («Области образования и профессиональной подготовки», принятые в 2013 г. в рамках МСКО 2011), прямое внедрение которых может быть обеспечено в сферах образования Беларуси и Литвы;
- Международная стандартная классификация видов экономической деятельности Европейского экономического сообщества для ориентации классификационных единиц в ПКСО двух стран;
- Международная стандартная классификация занятий и Европейская



рамка квалификаций для ориентации квалификаций и Национальных систем квалификаций.

Выполнение белорусско-литовского проекта может быть нацелено на пересмотр национальных классификаторов (в Литве, возможно, иных документов), отражающих профессионально-квалификационные структуры образования.

Предполагается следующее: современные ПКСО будут разработаны на основе прямого использования «Областей образования и профессиональной подготовки» 2013 г. (в рамках МСКО 2011), принятых ЮНЕСКО; классификационные группировки в ПКСО (например, специальности) будут ориентированы на виды экономической деятельности Европейского экономического сообщества; квалификации будут соотнесены с Европейской рамкой квалификаций и видами занятий, согласно Международной стандартной классификации занятий.

Синхронный поиск решения проблем структуризации образования профессионально-квалификационного назначения на основе международных стандартных классификаций, на наш взгляд, позволит:

- повысить качество национальных образовательных программ с ориентацией на европейский уровень социально-экономического развития;
- присваивать гражданам наших стран квалификации, востребованные в масштабах европейского и мирового сообщества;
- достичь синергетического эффекта в поиске решений актуальных проблем развития национальных образовательных систем и формирования общего образовательного пространства.

### **Список использованных источников**

1. Специальности и квалификации = Спецыяльнасці і кваліфікацыі : ОК РБ 011-2009. – Взамен ОКРБ 011-2001; введен 02.06.09. – Минск : Респ. ин-т высш. шк., 2009. – 427 с.
2. Олекс, О.А. Профессионально-квалификационная структура образования в Республике Беларусь / О.А. Олекс // Наука и инновации. – 2014. № 4(134). – С. 55–60.
3. Олекс, О.А. Профессионально-квалификационная структура отечественного образования в современном образовательном пространстве / О.А. Олекс // Наука и инновации. – 2014. – № 5(135). – С. 53–58.
4. Олекс, О.А. Профессионально-квалификационная структура отечественного образования в современном экономическом пространстве / О.А. Олекс // Наука и инновации. – 2014. – № 6(136). – С. 53–56.

## **НИИ прикладных проблем математики и информатики: результаты деятельности в области ИКТ**

*Ю.С. Харин, Е.Н. Мельникова*

*Научно-исследовательский институт прикладных проблем  
математики и информатики, г. Минск, Беларусь*

*e-mail: [Kharin@bsu.by](mailto:Kharin@bsu.by), [MelnikovaEN@bsu.by](mailto:MelnikovaEN@bsu.by)*

Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики и информатики (НИИ ППМИ) создан в 2008 году переименованием Национального научно-исследовательского центра прикладных проблем математики и информатики (ННИЦ ППМИ), организованного по Постановлению Совета Министров Республики Беларусь в 2000 году. Институт является учреждением Белорусского государственного университета и создан с целью развития актуальных научных направлений прикладной математики и информатики. Сайт института: <http://apmi.bsu.by>.

К основным научным направлениям деятельности НИИ ППМИ относятся:

- Компьютерный анализ данных (многомерный анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ, интеллектуальный анализ данных, анализ временных рядов, прогнозирование);
- Разработка математического и программного обеспечения в области робастного (устойчивого к искажениям модельных предположений) статистического анализа многомерных данных и временных рядов;
- Математическое моделирование физических процессов (моделирование кинетики электронных и атомных процессов в конденсированных средах, моделирование процессов взаимодействия излучения с твердым телом, моделирование элементов квантовых устройств информатики);
- Компьютерные методы в медицинской диагностике;
- Статистический анализ генетических последовательностей;
- Математические и компьютерные методы информационной безопасности;
- Защита информации.

Научные сотрудники Института имеют значительный опыт в области разработки методов и программного обеспечения (ПО) компьютерного анализа данных. Можно отметить участие Института в Европейских исследованиях и академических проектах, финансируемых Программами INTAS, TEMPUS, REAP; выполнение Международных контрактов с компьютерными фирмами из Южной Кореи и Российской Федерации; проведение научно-исследовательских работ в интересах государственных и коммерческих предприятий и организаций Республики Беларусь.

С 2009 года НИИ ППМИ успешно сотрудничает с Институтом математики и информатики Вильнюсского университета, согласно Договору о сотрудничестве. В рамках этого Договора совместно организуются научные

конференции (IX, X International Conferences «Computer Data Analysis and Modeling» и II-VI International Workshops «Data Analysis and Software Systems»), планируются совместные научно-исследовательские работы в области компьютерного анализа данных.

В 2011-2012 г.г. в соответствии с Соглашением между Правительством Республики Беларусь и Правительством Литовской Республики о сотрудничестве в области науки и технологий от 24.01.2008 и в рамках Программы сотрудничества между Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь и Министерством образования и науки Литовской Республики в области науки и технологий от 16.09.2009 в НИИ ППМИ выполнялся проект «Использование легирования германием для увеличения радиационной стойкости приборов на основе кремния». Партнером в этом проекте с Литовской стороны выступал Институт прикладных исследований Вильнюсского университета. Целью совместного проекта была разработка физических основ кремний - германиевой технологии создания полупроводниковых приборов, обладающих повышенной радиационной стойкостью.

Приведем некоторые основные результаты деятельности Института по применению информационно-коммуникационных технологий в различных областях деятельности.

В области медицинской диагностики:

- Методы и алгоритмы для диагностики коронарной ишемической болезни сердца, основанные на параметрическом дискриминантном анализе с использованием статистик, вычисленных по вейвлет коэффициентам, ковариационным функциям и параметрам цепей Маркова.

- Робастные методы дискриминантного анализа для диагностики злокачественных новообразований на основе биохимических показателей крови, позволяющие увеличить точность диагностики по сравнению с классическими решающими правилами.

- Методы, алгоритмы и ПО для пространственно-временного кластерного анализа при определении географического распределения редких болезней. Эти результаты используются для пространственно-временного кластерного анализа злокачественных заболеваний у детей и подростков Беларуси в постчернобыльский период.

В области компьютерного анализа ДНК последовательностей:

- Методы и ПО для распознавания кодирующих участков в ДНК эукариот. Основным недостатком существующих подходов к распознаванию является значительная ошибка при оценке границ кодирующих участков. Подход, разрабатываемый в Институте, имеет целью разработку новых математических моделей для белок-кодирующих участков в ДНК последовательностях эукариот, основанных на многомерном распределении вероятностей фрагментов нуклеотидов, и моделей на основе новых малопараметрических цепей Маркова высокого порядка, разработанных в нашем Институте, а также разработку методов, алгоритмов и ПО для распознавания белок-кодирующих

участков в ДНК последовательностях эукариот на основе построенных математических моделей.

- В области информационной безопасности и защиты информации:

- Блочная криптосистема *BelT*. Алгоритмы шифрования, имитозащиты и хэширования на ее основе.

- Алгоритмы электронной цифровой подписи (ЭЦП) *Bign* (поддерживаются идентификационная подпись и детерминированная выработка подписи).

Идентификационная подпись является новым средством, которое одновременно обеспечивает аутентификацию документа и аутентификацию субъекта, подписавшего этот документ. Обычно алгоритмы выработки ЭЦП являются вероятностными. Это означает, что подписывающий субъект должен использовать надежные случайные числа для построения одноразового личного ключа в процессе создания подписи. Повторение случайных чисел приводит к полной компрометации долговременного личного ключа. Для защиты от неправильного применения случайных чисел в Институте разработан детерминированный алгоритм выработки ЭЦП, в котором одноразовый личный ключ создается с использованием долговременного личного ключа и сообщения, которое должно быть подписано.

- Система широковещательного шифрования *Вее* для защиты данных со спутников.

- Широковещательное шифрование позволяет распространять критические сообщения (например, мультимедийный контент) от одного сервера (спутника) ко многим клиентам. Обратная связь от клиентов отсутствует, и сервер должен организовать отзыв и добавление клиентов только посредством дополнительных ключевых данных, передаваемых вместе с целевыми сообщениями. Протоколы широковещательного шифрования обеспечивают достаточно малый объем дополнительных данных, даже если число клиентов очень велико. Система, разработанная в НИИ ШМИ, реализует данный протокол.

- Криптографическая платформа для Единой системы идентификации и аутентификации физических и юридических лиц.

- Система Национальных стандартов: *СТБ 34.101.27*, *СТБ 34.101.31*, *СТБ 34.101.45*, *СТБ 34.101.60*, *СТБ 34.101.66*.

## **Специфика молодежи как субъекта социокультурного пространства в условиях глобализации и информатизации современного общества**

*И.В. Лашук*

*Кандидат социологических наук, доцент*

*Институт социологии НАН Беларуси*

*e-mail: [lashuki@tut.by](mailto:lashuki@tut.by)*

Молодежная проблематика является актуальной во все времена, поскольку именно это поколение является одним из ресурсов, которые имеются в каждом обществе и от мобилизации которых зависит его жизнеспособность. В так называемых нормальных условиях (стабильное общество) этот резерв является скрытым, в случае же внезапного кризиса или при необходимости перестройки основных позиций выживание общества зависит от способности быстрой и правильной мобилизации этих латентных ресурсов. Статичные общества, которые развиваются постепенно при медленном темпе изменений, опираются главным образом на опыт старших поколений. Они сопротивляются реализации скрытых возможностей молодежи. Такое общество сознательно пренебрегает жизненными духовными резервами молодежи, поскольку не намерено нарушать существующие традиции.

В динамически развивающемся мире, в условиях преимущественно городской жизни молодое поколение может стать реальной социальной силой, которая способна изменить или трансформировать господствующую ценностную систему, адаптировав ее под условия реальной жизни. Однако для этого молодежь должна стать востребованной в деле социального строительства и кроме теоретических возможностей должна обладать соответствующими ресурсами, которые позволили бы ей эффективно влиять на социальную жизнь.

В отечественном обществоведении долгое время молодежь не рассматривалась как самостоятельная социально-демографическая группа: выделение такой группы не укладывалось в существовавшие представления о классовой структуре общества и противоречило официальной идеологической доктрине. Однако сегодня молодежь является предметом изучения многих социальных наук. Для социологии молодежи, как специальной социологической теории, важнейшим определителем того, что следует включить в предмет ее исследования, становится выяснение места и роли молодежи в динамике социальной структуры общества в качестве *специфической и большой социальной группы*, находящейся в процессе формирования, становления и реализации своих социальных качеств. Основными группообразующими признаками молодежи в современной социологии признаются возрастные характеристики, преломление их через особенности социального положения, а также обусловленные этим

взаимодействием (возраст, социальный статус) социально-психологические свойства. Ее возрастные границы находятся в пределах 16-30 лет. Приоритетное место в современном социологическом изучении молодежи занимает выявление особенностей и путей вхождения молодежи в те или иные социально-стратификационные слои общества - рабочие, предприниматели, менеджеры, фермеры, служащие и т.п., обретение юношами и девушками определенного социального статуса и выполнение определенной социальной роли.

Институт социологии НАН Беларуси в последнее десятилетие активно занимается изучением молодежи как социально-демографической группы. Результаты социологических замеров, свидетельствуют о том, что среди проблем, которые волнуют молодых белорусов, первую тройку по значимости занимают: цены на продукты и товары первой необходимости; уровень оплаты труда и жилищные проблемы. Соответственно наименее обеспокоены молодые люди уровнем пенсионного обеспечения, что естественно в силу возрастных особенностей. Основным препятствием при достижении жизненных планов молодежи выступает сегодня материальный фактор. Стремление быть независимыми вступает в противоречие с невозможностью обеспечить себя. В связи с этим больше половины опрошенных молодых людей пытаются искать возможности улучшить свое материальное положение; почти треть затрудняются найти выход из создавшихся материальных проблем. В целом в решении материальных проблем молодые люди придерживаются так называемой адаптационной стратегии, которая проявляется в стремлении жить по средствам. Однако существенна категория в рамках молодежной социальной группы, которая стремится повысить свой доход всеми возможными средствами. Остальные в основном снижают уровень своих запросов и потребностей. Таким образом сегодня для белорусской молодежи особо актуальными являются материальные и жилищные трудности.

Кроме того, исследуются и ценностные ориентации молодежи. На сегодняшний день для белорусской молодежи наиболее значимыми являются следующие базовые ценности (в порядке убывания): семья, любовь, здоровье, дети и материально-обеспеченная жизнь. Достаточно важными являются также: дружба; интересная работа, профессия; самореализация; душевный покой, комфорт. Ценностями-аутсайдерами оказались: творчество; общественное признание, известность, репутация; долг перед Родиной; власть. Среди ценностей-средств или инструментальных ценностей наиболее востребованными в молодежной среде являются: семья; друзья; деньги; наличие нужных связей, знакомств и деловые качества. Наименее значимые – участие в политической жизни; престиж профессии. Результаты социологических замеров свидетельствуют о том, что молодые люди в большей степени ощущают единство со своей семьей, близкими; затем – с друзьями, знакомыми. Высока значимость общности с коллегами по работе, учебе; с людьми, ведущими подобный образ жизни. Особо следует отметить, что пятое ранговое место занимает идентичность с людьми своего поколения. В

целом молодежь ориентирована достаточно традиционно: преобладают ценности семьи, здоровья и материального благополучия. Следует также отметить достаточно высокую сплоченность молодежной группы, о чем свидетельствует достаточно высокая значимость поколенческой идентичности.

Однако эти и другие особенности характеризуют молодежь в основном как социально-демографическую группу, что в современных условиях глобализации и информатизации является, на наш взгляд, не соответствующим реальной действительности. Современная эпоха требует несколько иной терминологии. Так, большое внимание следует уделять анализу различий, задаваемых культурой, т.е. исследованию ценностей, норм, идентичностей и поведенческих стратегий. Таким образом, основной акцент необходимо делать не на формальных (статистических) критериях выделения тех или иных групп, а на том, насколько они различаются по своему положению в социальном пространстве, исходя из различий в их ценностных системах.

Кроме того, сегодня жизнь уже не строится в рамках замкнутых пространственно-временных структур. Соответственно, меняется и понимание привычных социальных связей и основывающихся на них общностей и социальных групп. Развитие современных информационных технологий полностью меняет представление о пространстве и времени. Развитие Интернета и беспроводных сетей позволяет осуществлять коммуникацию быстрее и через гораздо большие расстояния, чем было возможно прежде. Именно Интернет позволяет «схлопнуть» пространство до нуля, давая возможность гипермобильности и одновременно поддержания связи со всем, с кем есть потребность коммуницировать. Вместе с тем, становятся подвижными, изменчивыми и социальные идентичности (они уже не предписываются, а становятся результатом не только социализации, но и личного выбора).

В связи с этим возникает необходимость рассматривать именно ценностно-идентификационные, в первую очередь, а не возрастные особенности при изучении и характеристике молодежной группы. Авторским коллективом предполагается рассмотрение молодежи как поколенческой общности, которая с одной стороны связана с биологическими факторами (возраст), но не вытекает из них. При таком подходе появляется возможность говорить о молодежи не столько как о гомогенной группе, сколько о некоей общности, внутри которой могут функционировать различные ценностные модели и ориентиры, позволяющие зафиксировать как различия внутри принятой демографической группы, так и говорить о молодежи как о более широком, поколенческом феномене, который может существенно расширять или сужать свои возрастные границы.

## **Опыт, проблемы и перспективы совместной подготовки кадров на второй ступени высшего образования Белорусским государственным технологическим университетом и Вильнюсским техническим университетом имени Гедиминаса**

*И.М. Жарский<sup>2</sup>, А. Данюнас<sup>1</sup>, А. Каклаускас<sup>1</sup>, О.Б. Дормешкин<sup>2</sup>,  
С.А. Касперович<sup>2</sup>, Н.Г. Синяк<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Вильнюсский технический университет имени Гедиминаса, Литва*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет*

На основе установленных контактов и переговоров ректоры БГТУ и ВТУГ при поддержке министерств образования Республики Беларусь и Литовской Республики 8 марта 2005 года заключили договор о сотрудничестве, а 21 декабря 2010 года – договор об организации двухстороннего научно-технического и образовательного сотрудничества. В развитие данных договоров 17 мая 2011 года заключен договор о проведении совместной программы обучения в магистратуре, по окончании которой выдаются два диплома, подготовлены документы на открытие совместной дистанционной магистратуры «Управление недвижимостью».

На основании приказа Министерства образования Республики Беларусь 6 июня 2011 года № 363 с сентября 2011 года на базе кафедры организации производства и экономики недвижимости БГТУ начата подготовка магистров по специальности 1–26 81 03 «Управление недвижимостью» по образовательной программе с углубленной подготовкой специалистов. Данная программа прошла государственную аккредитацию (приказ департамента контроля качества образования от 10.11.2011 г. № 177).

В этом же году открыта совместная магистерская программа БГТУ и ВТУГ (кафедры организации производства и экономики недвижимости, экономики строительства и управления недвижимостью) с получением двух дипломов (белорусского и европейского) магистра по специальности «Управление недвижимостью» в дистанционной форме обучения. Срок обучения составляет 2 года.

За период с сентября 2011 года по ноябрь 2013 года по данной программе прошли и продолжают обучение более 100 граждан Беларуси, Литвы, Украины и России. Разработаны и используются в учебном процессе 16 учебных мультимедийных модулей по каждой дисциплине. Обучение ведется на русском и английском языках.

В 2011 г. проведен первый набор в дистанционную магистратуру. Принято 12 магистрантов. В 2012 г. проведен второй набор в дистанционную магистратуру. Принят 41 магистрант, из них 27 граждан Республики Беларусь и 14 граждан Литовской Республики. В 2013 г. проведен третий набор в дистанционную магистратуру. Принято 47 магистрантов. В 2014 году принято 28 человек.



28.06.2013 г. проведен первый выпуск магистров, успешно окончивших обучение по совместной программе.

В результате открытия совместной магистратуры преподаватели и магистранты получили возможность взаимно посещать партнерские университеты, проводить совместные научные исследования.

В мае–сентябре 2013 г. сотрудники БГТУ и ВТУГ выполнили работы, необходимые для аккредитации специальности «Управление недвижимостью» в Европейском союзе. В результате программа получила европейскую аккредитацию сроком на 3 года.

Для поддержки реализации данной магистерской программы реализованы следующие проекты и получено следующее внешнее финансирование:

- информационно-просветительским учреждением «Новая Евразия» по договору о целевой финансовой помощи № 11/04-SGBER от 01.06.2011 г. «Развитие потенциала образования в сфере управления недвижимостью на основе дистанционного обучения»;

- реализован совместный проект БГТУ и ВТУГ «Улучшение качества обучения» программы действий по расширению человеческих ресурсов на 2007-2013 гг. За счет средства данного проекта оплачено обучение 10 магистрантов;

- совместный научно-исследовательский проект по гранту Европейского союза в рамках программы TEMPUS «Реформирование программ в сфере градостроительства на пространстве Восточного соседства».

В развитие сотрудничества между БГТУ и ВТУГ в 2013 г. подготовлены пакеты документов на открытие еще 2 совместных магистерских программ с 2014 года:

- «Инновационные технологии силикатных строительных материалов и изделий» (кафедры технологии стекла и керамики, химической технологии вяжущих материалов БГТУ, кафедра строительных материалов ВТУГ);

- «Инженерная охрана окружающей среды» (кафедра промышленной экологии БГТУ, кафедра охраны окружающей среды ВТУГ).

Кафедрами осуществляется разработка учебных модулей на русском и английском языках.

В обучении магистранты ориентируются на возможности библиографической и реферативной базы данных "Scopus", полнотекстовой базы данных "ScienceDirect Freedom Collection" и выполняют 3 научные практикоориентированные работы. Практика магистрантов и сессии проходят в Беларуси и Литве.

В ходе реализации TEMPUS разработан виртуальный междуниверситетский сетевой образовательный центр (интеллектуальная библиотека, интеллектуальная система обучения, интеллектуальная система оценки знаний), которым пользуются магистранты БГТУ. Он включает в себя базы данных модулей, модель студента, модель оценки знаний преподавателя и студента, подсистему многовариантной разработки модуля, критерии анализа, электронное портфолио и графический интерфейс.

По своей сути это ориентированный на студентов образовательный центр интегрирующий такие принципы: обучающийся несет ответственность за свое обучение; для обучения необходимо активное включение и участие, способствующее росту и совершенствованию студентов; преподаватель становится помощником, что в большей мере означает не статус, а соотношение между тем, чему учат и что изучают, а также соотношение между знаниями и пониманием. Настоящий Центр ориентирован на потребности обучающегося, изменения в программе и расписании обучения, в содержании и интерактивности предметов.

Такой подход усиливает заинтересованность студентов, стимулирует групповое общение, укрепляет связь преподаватель – магистрант, стимулирует открытия/активное обучение, ответственность за собственное обучение.

## Подготовка магистров по программе «Инновационный менеджмент и технологии»

*Римантас Сташиус*  
*Клайпедский университет, Литва*  
*e-mail: [rimantas.stasys@ku.lt](mailto:rimantas.stasys@ku.lt)*

В 2012 г. часть созданного в Литве общего внутреннего валового продукта на душу населения достигала 72 проц. от среднего числа в странах ЕС-27. Литва значительно отстает от «старых» стран-членов ЕС по показателю производительности труда. Низкая производительность труда обуславливает и небольшую заработную плату. В стране достаточно высокий уровень безработицы (12,5 проц. за 2013 г.) и эмиграции<sup>1</sup>. Для того, чтобы изменить эту ситуацию, необходим технологический прогресс, благодаря которому экономика страны могла бы производить больше продукции, используя тот же объем ресурсов. Однако для технологического прорыва в Литве не хватает уровня инноваций.

Европейская комиссия ежегодно публикует сводку результатов инноваций, основанную на 25 показателях, связанных с научными исследованиями и инновациями. Упомянутые показатели разделены на 8 инновационных измерений. В сводке средних результатов инновационной деятельности за 2013 г. Литва, к сожалению, причисляется к группе только так называемым умеренных странам. Находясь на 23 месте, она опережает только Польшу, Латвию, Румынию и Болгарию<sup>2</sup>. Несмотря на то, что показатель инноваций в Литве среди членов этой группы растет быстрее всех, он все еще почти в два раза ниже среднего показателя европейских стран.

Основная тенденция мировой экономики заключается в превосходящей динамике высокотехнологичных отраслей, товарооборота и организации сферы услуг, в появлении новых видов экономической деятельности, внедрении ресурсосберегающих технологий. В последние годы потребность и специфика работы менеджеров в государственном и частном секторах быстро меняется, поскольку для инициирования и управления инновационными процессами необходимы квалифицированные магистры этой области. Инновационные менеджеры должны обладать научно-техническим, экономическим и психологическим потенциалами, им необходимы знания в области инженерии и экономики. Для рыночной экономики характерна конкуренция самостоятельных, заинтересованных в обновлении продукции компаний, а также конкурирующий между собой рынок инноваций. Таким образом, происходит отбор инноваций рынка, в котором участвуют инновационные менеджеры.

---

<sup>1</sup>Statistical yearbook of Lithuania 2013 / Lietuvosstatistikosdepartamentas. – Vilnius 2013.

<sup>2</sup>Innovation Union Scoreboard 2013. European Commission 2013.

Поэтому в Клайпедском университете на кафедре «Управления» с 2014 года начата подготовка магистров по программе «Инновационный менеджмент и технологии». Появление такой программы стало возможным при поддержке Министерства образования и науки, а также с помощью европейских структурных фондов.

Цель осуществления такой программы – подготовка кадров, обладающих профессиональными компетенциями в вопросах инновационного менеджмента.

Вначале была выявлена потребность в выпускниках инновационного менеджмента. Для этого был проведен опрос старших и главных руководителей крупных, обладающих хорошей репутацией литовских производственных предприятий и компаний сектора услуг, коммуникационные и научно-технологические парки, ассоциации: ЗАО «MarsLietuva», ЗАО «Švyturio alausdarykla», ЗАО «PhilipMorrisLietuva», ЗАО «VPALogistics», Клайпедский научно-технологический парк, SCWesternShipyards, ЗАО «Vakarų laivų remonto įmonė», АО «ORLENLietuva», ЗАО «NEOGROUP», ЗАО «Mestila», ассоциация «Baltijos slėnis» и др.

Результаты исследования раскрывают растущий в Литве спрос на выпускников программы обучения «Инновационный менеджмент и технологии», а также структуру профессиональных компетенций магистров этой области. По мнению работодателей, эта программа обучения обладает хорошими перспективами. Поэтому обоснованным является предположение о том, что число студентов, желающих изучать и получить квалификацию, имеющую хорошие перспективы на рынке труда, будет увеличиваться.

С осеннего семестра 2013 г. эта программа начала свое осуществление.

Продолжительность обучения 1,5 года (90 кредитов), язык преподавания не только литовский, но и английский и русский. Обучение ведут 6 профессоров, 6 доцентов и 2 ст. преподавателя (доктора социологических наук).

Программа обучения связана с:

- a) быстро развивающейся системой учреждений;
- b) индивидуальным предпринимательским влиянием на экономические, социальные и психологические процессы развития;
- c) процессом глобализации, открывшим европейский и даже мировой рынок, однако в то же время бросившим новые вызовы конкуренции;
- d) изменяющейся бизнес-структурой, процессами модернизации производства и сервиса;
- e) успешным трудоустройством и условиями дальнейшей карьеры.

**Вывод.** Сформированные навыки позволят выпускникам-магистрам, обучающимся по программе «Инновационный менеджмент и технологии», успешно и творчески выполнять экономическую, управленческую или административную работу в частных и государственных структурах.

### **Предложения**

1. Организовать обучение студентов из Белоруссии по программе «Инновационный менеджмент» в Клайпедском университете.
2. Разработать совместную программу «Инновационный менеджмент» с Белорусскими научными учреждениями.
3. Организовать совместные курсы «Инновационный менеджмент» для Белорусско-Литовских бизнес-организаций.

## Инновации преподавания дисциплины «Управление инновационных проектов»

*Юлюс Раманаускас*

*Александрас Стульгинскис университет, Литва*

*E-mail: [Julius.Ramanauskas@asu.lt](mailto:Julius.Ramanauskas@asu.lt)*

**Аннотация.** Основная цель преподавателя высшего учебного заведения (ВУЗ) это не только формальная передача знаний, но и творческое становление личности. По окончании ВУЗа выпускники должны уметь оценивать эффективность бизнеса, управлять рисками, ориентироваться в рыночных условиях и принимать оптимальные решения. Эта цель может быть достигнута только в том случае, когда преподавание дисциплины «Управление инновационных проектов» будет инновационным. Цель данной работы – установить (выбрать) и обосновать инновационный метод преподавания экономических дисциплин, развивающий педагогическую активность и критическое мышление студентов-магистрантов. Изложенный метод преподавания помогает студенту сориентироваться, как наилучшим образом усвоить изучаемый курс и использовать различные факторы производства: труд, капитал, землю и ... творческое мышление.

**Введение.** Немалое количество менеджеров, закончивших ВУЗ, имеют дело с большим количеством подчиненных, часть их занимается педагогической деятельностью в высшей школе или колледже. Однако молодой менеджер и преподаватель чаще всего не знает современных основ психологии и педагогики, не имеет теоретического и практического опыта преподавания, не обладает функциональными качествами, необходимыми для преподавателей, поэтому он не в состоянии эффективно организовать учебный процесс и имитирует бывших преподавателей ВУЗа с их достоинствами и недостатками.

**Методика.** Для реализации поставленных в работе задач применялись методы анализа, сравнения, теории принятия решений. В исследовании использовались общенаучные и проблемно-ориентированные методы, а также был проведён анкетный опрос студентов и выпускников университета.

**Результаты.** Авторы данной статьи в течении многих лет применяют «модифицированное» чтение лекций, которое несколько отличается от вышеизложенных методов обучения. Студентам предлагается самостоятельно готовиться и читать лекции в аудитории. В начале семестра все темы преподаваемого предмета «распределяются» студентам (по их желанию) и каждому назначается дата чтения лекции (некоторые темы предлагается читать 2 и даже 3 студентам).

На первой (вводной) лекции «Управление инновационных проектов» преподаватель знакомит студентов с программой учебного курса: с содержанием, объемом, с формами учебной работы, порядком сдачи экзаменов и зачетов, представляет основные понятия в данной дисциплине, необходимую

литературу, научные и методологические материалы, рекомендации как связать теоретические основы предмета с практикой. Кроме того, преподаватель показывает, какие основные моменты нужно учитывать при чтении лекции (последовательность, акцентирование важнейших факторов, концентрация внимания слушателей, правильность речи). Студенты знакомятся с использованием современными средствами виртуальной среды обучения (Moodle). В этой среде преподаватель помещает весь материал курса, студенты получают личный пароль и, готовясь к лекции или к экзамену, имеют возможность пользоваться помещенным там материалом (но не копировать его). Кроме того, в этой среде студенты имеют возможность взаимодействовать с преподавателем при выполнении различных задач и получить методические советы, а преподаватель может следить за деятельностью своих студентов в любое время и из любого места, где есть доступ в Интернет [1].

В течение семестра студенты прочитывают весь курс и распространяют электронную версию своих лекций (и слайды) для всей группы. Таким образом, в конце семестра каждый студент получает весь комплект лекций для подготовки к экзамену.

Исследования показали, что студенты, которые завершили курс обучения по такому методу, приобретают бесценный опыт педагогической работы, приобретают опыт дискуссий, работы с людьми. Проведя анализ анкет выпускников менеджмента (магистров и работодателей), было замечено, что такая форма обучения нейтрализует действия стресса при общении с аудиторией, развивает ораторские способности, контроль речи, учит поддерживать интерес аудитории и самое главное – работать с литературой, формировать ясные и четкие мысли, в доступной и понятной форме подавать суть предмета слушателям, творчески подходить к поставленной задаче.

В университете в настоящее время работают 3 преподавателя, которые прошли курс обучения по такому методу. Их комментарии: «наша группа в магистрантуре изучала курс «Стратегический менеджмент» в 2002 году. С самого начала мы были удивлены и не могли поверить, что профессор доверяет нам подготавливаться и самостоятельно читать лекции в аудитории. Это была большая ответственность, и мы старались наилучшим образом предстать перед группой друзей. Необходимо было много готовиться, подготовить слайды, несколько раз репетировать чтение лекции дома. Однако большая награда была не только похвала профессора, но и аплодисменты сокурсников, когда лекция была завершена. Важно отметить, что читая лекции в аудитории, у нас развились навыки публичных выступлений. М. Твен однажды сказал: «человеческий мозг удивительная вещь. Но хорошо работает только до того момента, когда поднимаешься, для того, чтобы произнести речь». В самом деле, часто даже очень решительным лидерам не хватает мужества, когда дело доходит до публичного выступления... Понятно, что в публичном выступлении важно не только содержание, но и форма. Подготовка к лекции позволило нам творчески взглянуть на выбор первоисточников, современной научной литературы, поиск методов и форм выступления».

## **Выводы**

1. В учебный процесс удалось внедрить самих студентов, открыть в них творческие способности и критическую оценку конечных результатов. развивать самостоятельность студентов, ориентировать их на принятие менеджерских решений, учитывать риск в рыночных условиях, прогнозировать и оценивать эффективность бизнеса.

2. Цель обучения студентов менеджменту является не формальная передача знаний студентам, а творческое формирование личности, способной адаптироваться к изменяющимся экономическим условиям жизни.

## **Список использованных источников**

1. *Managing innovative projects.* – <http://vma.ku.lt/moodle2/?lang=lt> [2014].



## **О разработке диагностической программы кризис-состояния производственного предприятия**

*А.К. Болдак, канд. эконом. наук, антикризисный управляющий  
e-mail: [A-Bold@yandex.ru](mailto:A-Bold@yandex.ru)*

Ведущее место в современной экономике Беларуси занимает промышленность. Ключевым условием ее развития является, прежде всего, решение таких экономических проблем как низкая платежеспособность и убыточность.

Вместе с тем, значительное число предприятий в Республике Беларусь становится сначала убыточными, а затем неплатежеспособными и банкротами. Так, в январе-августе 2014 г. число убыточных предприятий составило 1.399 организаций (17,3% всех организаций). По сравнению с аналогичным периодом прошлого года их количество выросло более чем в полтора раза, а суммы чистого убытка - почти в два раза: с Br5 трлн. до Br9 трлн. К тому же низкий уровень рентабельности (до 5%) зафиксирован у 3.031 предприятия.

Таким образом, почти 55% предприятий, в январе-августе 2014 г. были убыточными или относились к числу низкоэффективных.

Специалисты Министерства экономики Республики Беларусь в обзоре, посвященном социально-экономическому развитию страны в первом полугодии 2014 г., пришли к выводу, что ухудшение финансового положения предприятий обусловлено недостаточным спросом на их продукцию, неплатежами потребителей и, как следствие, нехваткой денежных поступлений для финансирования текущей деятельности

К тому же, для многих предприятий сохраняется высокая угроза банкротства.

Для решения проблем банкротства промышленных предприятий в течение последних лет предлагались различные антикризисные меры, как со стороны государства, регионов, так и промышленных объединений. При этом реализация таких мер зачастую не приводила к существенным улучшениям на промышленных предприятиях. Традиционные методы и инструменты управления не дают необходимый эффект в кризисной ситуации. Одной из основных причин такой ситуации является недостаточный учет факторов кризиса в деятельности промышленных предприятия.

Сообразно с вышеизложенным предлагается разработать диагностическую программу, который позволит определить состояние объекта, предмета, явления или процесса посредством реализации комплекса исследовательских процедур, выявить наиболее узкие места деятельности предприятия, его болевые точки и попытаться блокировать их, немедленно приступая к решительным действиям.

Диагностическая программа позволяет подхватить критическую ситуацию в жизненном цикле организации. На стадии роста развития результаты диагностики позволяют выявить организационные патологии и провести

корректировку. При этом антикризисное управление должно обеспечивать диагностику факторов на каждой из стадий жизненного цикла. На стадиях зарождения и становления на первый план диагностики выступают внешние проблемы, а на стадиях роста и зрелости внутренние проблемы.

Антикризисное управление может базироваться и на превентивной модели управления, отличающейся использованием инструментария, позволяющего прогнозировать, упреждать, возникновение определенных ситуаций. Поэтому данная программа должна основываться на выявлении и изучении факторов, оказывающих влияние на деятельность предприятия.

Предварительно предложим для включения в диагностическую программу следующие факторы: объем сырьевого потенциала, уровень технологического опыта, готовность к инновациям, рациональная ценовая политика, изношенность фондов и их обновление, низкая рентабельность, убыточность, слабая система маркетинга и т.д.

В процессе анализа можно будет установить, какие угрозы для предприятия практически не поддаются нейтрализации силами отдельных предприятий, а какие можно будет погасить или предотвратить.

Подчеркнем, что перечень предложенных факторов является не исчерпывающим и нуждается в дополнении. Так, кризисообразующие факторы, выступающие следствием недостатков в управленческой и организационной работе, проявляются в демотивации труда, бюрократизации, низкой управленческой дисциплине и низком уровне ответственности за результаты своих функций. При этом следствием наступления банкротства предприятий является возникновение угроз имущественным интересам собственников и проявление негативных социальных последствий. В связи с этим возникает необходимость использования в диагностической программе таких факторов, которые будут способствовать предотвращению банкротства предприятия, удерживанию его в режиме выживания и с минимальными потерями выводу из кризиса.

Полагаем, что разработка и внедрение диагностической программы кризис - состояния производственного предприятия может стать перспективным направлением белорусско – литовского сотрудничества, способного принести социально – экономический эффект обеим сторонам.

## СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

### Управление транспортными потоками города на базе информационных технологий

*В.Н. Шуть*

*Брестский государственный технический университет*

Развитие транспортной инфраструктуры, в том числе развитие улично-дорожной сети, значительно отстает от роста количества автомобильного транспорта. Это приводит к увеличению загрузки уличной сети и снижению эффективности использования транспорта из-за увеличения:

- времени в пути;
- количества незапланированных остановок;
- расхода топлива;
- износа транспортных средств, улиц и дорог и т.п.

Кроме того, увеличение количества транспорта, частое изменение режимов движения приводит к увеличению загазованности воздушного бассейна городов, транспортного шума, повышенному износу дорожного покрытия и увеличению аварийности. В комплексе мероприятий, направленных на снижение остроты этих проблем, входит автоматизация управления транспортными и пешеходными потоками [1].

Ключевыми узлами дорожной сети города являются перекрестки. Именно на них наблюдаются наибольшие потери в качестве использования дорожного полотна. При медленном изменении интенсивностей движения оптимальные длительности цикла и фаз, рассчитанные для условий пикового периода, для остального времени суток оказываются неоптимальными, как правило, слишком большими, приводящими к неоправданным задержкам транспорта [2]. На данный момент существующее жесткое программное управление не способно учитывать кратковременные случайные колебания в числе автомобилей, подходящих к перекрестку. Использование многопрограммного жесткого регулирования позволяет сгладить проблему, связанную с суточными колебаниями интенсивностей. Для решения транспортных проблем более активно развиваются различные системы, которые позволяют адаптивно учитывать изменения в транспортных потоках.

Целью работ в данной сфере является оптимизация управления транспортными потоками на перекрестках. Используя современное техническое обеспечение, а так же алгоритмы адаптивного управления, можно значительно улучшить качество дорожного движения города. Задача адаптивного регулирования, в таком случае, сводится к наложению на сформировавшиеся потоки такого регулирования, которое давало бы минимум потерь.

Одним из способов реализации адаптивного управления является метод поиска разрывов в транспортном потоке. Система, использующая данный метод, была опробована на одном из перекрёстков города Бреста, и показала свою состоятельность и эффективность. Так же установлено, что алгоритм поиска разрывов в транспортном потоке имеет некоторые недостатки в условиях, когда транспортный поток имеет пачкообразный и циклический характер. Например, возможны случаи, когда пачки подходят сразу после выключения разрешающего сигнала. В этом случае можно обеспечить беспрепятственный пропуск транспорта через перекрёсток путём сдвига момента включения фазы на величину основного такта. Решение такой задачи достижимо при использовании расширенных технических средств. Например, детектор транспорта, установленный на перегоне между перекрёстками, может регистрировать наличие подходящей пачки, а также её скорость и размер.

Для решения задач адаптивного управления используют модификации алгоритма поиска разрывов в транспортных потоках, которые связаны с определением в реальном времени его параметров. Минимальная длительность такта может определяться с учетом длины и состава очереди, ожидающей разрешающего сигнала. Максимальная длительность такта может зависеть от времени ожидания транспортных средств в очередях на конкурирующих направлениях. Изменение величины экипажного интервала (длительности разрыва) может уменьшаться в зависимости от длительности задержки автомобилей или размера очереди на конфликтующем направлении. Так же величина экипажного интервала может уменьшаться в зависимости от плотности потока в разрешённом направлении.

Одним из перспективных направлений развития адаптивных систем является использование нейросетевого подхода к решению задачи управления [3] (рисунок 1).

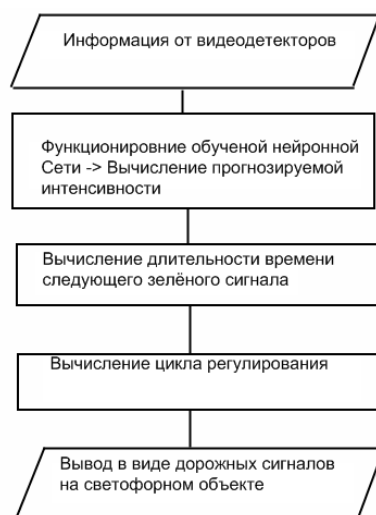


Рисунок 1. – Схема алгоритма гибкого управления на основе нейросетевого прогнозирования

Данные алгоритмы прогнозируют на интервал 1-2 минуты, поэтому относятся к группе тактического регулирования. Использование такого метода управления может успешно заменить многопрограммное управление. Так же можно использовать прогнозирование, как одну из подсистем оперативного управления. В результате чего текущие параметры транспортных потоков могут сравниваться с прогнозируемыми значениями, исходя из чего, можно корректировать параметры адаптивного управления.

Развитие технических возможностей позволяет совершенствовать алгоритмы адаптивного управления и использовать их для решения транспортных проблем. Дальнейшим развитием использования адаптивных систем является увязывание их в единую информационную систему. Данная система должна решать оптимизационные задачи, используя текущую информацию о транспортном потоке, на основе координированного и адаптивного управления.

### **Список использованных источников**

1. Э.М. Воробьев, Д.В. Капский, Ю.И. Мосиенко. Автоматизированные системы управления дорожным движением. – Минск: ОАО «ТРОНТПРИНТ», 2004 – 8 с.

2. Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. Технические средства организации дорожного движения. – М: «Академкнига», 2005. – 76 с.

3. V.V. Kasianik, S.V. Anfilets, V.N. Shuts. Application of Artificial Neural Networks for Forecasting of Characteristics of Transport Stream and Adaptive Regulation at Crossroads. Proceedings International Conference on Neural Networks and Artificial Intelligence. Brest 2010 p. 91.

## СЕКЦИЯ «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

### **Разработка способа получения катионного крахмала экструзионным методом с использованием эпоксидного модификатора**

*В.В. Москва<sup>1</sup>, Иоана Бендорайтене<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию»*

*<sup>2</sup>Каунасский технологический университет*

*E-mail: moskva@open.by*

По результатам конкурса научно-технических проектов «ГКНТ-Литва-2015», проводимого Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, принят к финансированию на 2015-2016 гг. совместный проект Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по продовольствию и Каунасского технологического университета: «Разработка способа получения катионного крахмала экструзионным методом с использованием эпоксидного модификатора».

Цель проекта – на основе теоретических и экспериментальных исследований разработать способ получения катионного крахмала экструзионным методом с использованием эпоксидного модификатора и изучить возможные направления использования полученного модификатора.

В настоящее время в Республике Беларусь, как и во всем мире, неуклонно возрастает спрос на модифицированные крахмалы. В результате модификации крахмалы приобретают новые свойства, необходимые для решения разнообразных задач, как в пищевой промышленности, так и в технических целях.

Производные крахмала, содержащие эфирные группы (амино-, аммониевые, сульфониевые, фосфониевые и др.), являются важными коммерческими продуктами, широко используемыми в качестве эффективных добавок в целлюлозно-бумажной, текстильной, косметической и других отраслях промышленности. Наибольшее применение нашли катионные крахмалы с третичными амино- и четвертичными аммониевыми эфирными группами, эффективно используемые в последние десятилетия в целлюлозно-бумажной и легкой промышленности, а также в качестве флокулянта при очистке стоков.

В настоящее время наиболее востребованным типом химически модифицированных крахмалов в Республике Беларусь являются именно катионные крахмалы. Их импорт в страну составляет более 1000 тонн в год. Разработка и внедрение оригинальных высокоэффективных технологий

получения модифицированных крахмалов требует длительных, трудоемких и дорогостоящих исследований, основанных на правильном понимании механизмов модификации.

Получать катионные крахмалы можно различными способами («сухим», «мокрым», экструзионным) путем введения в макромолекулу крахмала функциональных групп, несущих положительный заряд. Среди достаточно широкого спектра реагентов наиболее часто для этих целей используется 3-хлоро-2-гидроксипропилтриметиламмоний хлорид (ХГПТМАХ) или 2,3-эпоксипропилтриметиламмоний хлорид (ЭПТМАХ).

«Мокрые» методы катионизации включают гетерогенные реакции крахмала в суспензии и гомогенные реакции желатинизированного крахмала в пасте. Продукты этих процессов могут быть отмыты и высушены до использования.

При «сухом» способе водный раствор щелочи и катионного реагента распыскивается на крахмал, затем эта смесь подвергается тепловой обработке. Продукты, полученные этим способом, могут прямо использоваться без какой-либо дополнительной обработки. Однако данный способ используется ограниченно, т.к. необходимо разрабатывать сложное специальное оборудование, которое обеспечит идеальное и равномерное распределение раствора модификатора по поверхности гранул крахмала

Успешной альтернативой описанным способам может стать экструзионная обработка крахмала с модифицирующим агентом. Экструзионная технология все чаще применяется для модификации крахмала как самостоятельно, так и в сочетании с различными модифицирующими агентами, имеет большой потенциал, отличается быстротой, непрерывностью и экологичностью. Вопрос применения экструзионной обработки для получения катионных крахмалов мало изучен.

Авторами проекта с белорусской стороны накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал по изучению технологии экструзионной модификации крахмалов различного ботанического происхождения, а также по исследованию и совершенствованию традиционной технологии получения катионных крахмалов.

Литовская сторона имеет большой опыт по синтезу катионного крахмала, используя эпоксидный реагент, изучению свойств полученного продукта и его применения. Традиционным для получения катионного крахмала является использование хлоргидринового модификатора. Замена его эпоксидным модификатором позволит снизить расход химических реагентов и получить катионные крахмалы с более высокой степенью замещения.

В работе будет задействовано высокоточное современное оборудование и высокочувствительные актуальные методы исследований.

В РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» функционирует Республиканский контрольно-испытательный комплекс по качеству и безопасности продуктов питания, который имеет в своем составе четыре лаборатории: физико-химических,

хроматографических, микробиологических и токсикологических исследований. Контрольно-испытательный комплекс по качеству и безопасности продуктов питания оснащен испытательным оборудованием и методической базой для определения полного перечня физико-химических и микробиологических показателей в соответствии с национальными стандартами и международными директивами.

Специалисты Каунасского технологического университета располагают современной лабораторной базой, имеют большой опыт проведения основных физико-химических и специфических исследований свойств крахмала и его производных, в том числе катионных крахмалов, а также в изучении возможностей использования катионного крахмала в различных целях.

В результате работы будут впервые получены сведения о влиянии совместного воздействия эпоксидного модификатора и факторов процесса экструзии на физико-химические показатели и технологические свойства крахмала, что позволит разработать новый способ получения катионного крахмала.

Полученный катионный крахмал будет исследован на возможность его применения для различных технических целей (в целлюлозно-бумажной промышленности, при очистке промышленных стоков и др.).

Результаты исследований могут быть использованы для организации производства катионного крахмала предлагаемым способом на предприятиях крахмалопаточной промышленности Республики Беларусь и Литвы.



Научное издание

**ТЕНДЕНЦИИ ИНТЕГРАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И БИЗНЕСА**

Сборник материалов  
Белорусско-Литовской биржи деловых контактов

27–28 ноября 2014 года

Подписано в печать 24.11.2014. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. 5,45. Тираж 100. Заказ 1018.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.



Государственный комитет по науке и технологиям  
Республики Беларусь  
220072, г. Минск, ул. Академическая, 1  
Тел.: +375 17 284 07 60  
Факс: +375 17 284 02 79  
[www.gknt.gov.by](http://www.gknt.gov.by)



Министерство образования Республики Беларусь  
220010, г. Минск, ул. Советская, 9  
Тел.: +375 17 327 47 36  
Факс: +375 17 200 84 83  
[www.edu.gov.by](http://www.edu.gov.by)



Министерство образования и науки Литовской Республики  
LT-01516, г. Вильнюс, ул. А. Волано, 2/7  
Тел.: +370 5 219 1190  
Факс: +370 5 261 2077  
[www.smm.lt](http://www.smm.lt)



Белорусский национальный технический университет  
220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65  
Тел.: +375 17 292 10 11  
Факс: +375 17 292 91 37  
[www.bntu.by](http://www.bntu.by)



Государственное предприятие «Научно-технологический  
парк БНТУ «Политехник»  
220013, г. Минск, ул. Я. Коласа, 24-34/1  
Тел./факс : +375 17 292 71 83  
[www.park.bntu.by](http://www.park.bntu.by)



Белорусский инновационный фонд  
220002, г. Минск, ул. В. Хоружей, 31а - 403,  
Тел./факс: +375 17 293 17 81  
[www.bif.ac.by](http://www.bif.ac.by)

ISBN 978-985-550-659-2



9 789855 506592