

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ГКНТ
ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ



БЕЛОРУССКО-ПРИБАЛТИЙСКИЙ ФОРУМ

**«Сотрудничество – катализатор
инновационного роста»**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Минск, 22 – 23 октября 2015

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

**СОТРУДНИЧЕСТВО – КАТАЛИЗАТОР ИННОВАЦИОННОГО
РОСТА**

Сборник материалов
Белорусско-Прибалтийского форума

22–23 октября 2015 года

Минск
БНТУ
2015

УДК 082 (476+474) (06)
ББК 72я43
С 67

В сборник включены материалы Белорусско-Прибалтийского Форума «Сотрудничество – катализатор инновационного роста» по следующим направлениям: экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций; медицина, медицинская техника и технологии, фармация; информационные технологии, электроника, робототехника, приборостроение.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций»	5
<i>В. Миронов, А. Шишкин, Ю. Трейс, Ю. Ушеренко.</i> Сорбенты с ферромагнитными свойствами	5
<i>В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, В.А. Рухля, О.Г. Пап, О.В. Ивашина.</i> Экологически безопасные дезинфицирующие средства для пищевой промышленности и сельского хозяйства	7
<i>В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, В.А. Рухля, О.Г. Пап, О.В. Ивашина.</i> Сорбент для очистки воды от ионов аммония при перевозке рыбы в транспортных контейнерах	9
<i>В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, В.А. Рухля, О.Г. Пап, О.В. Ивашина.</i> Коагулянт-флокулянт для очистки сточных вод на основе производственных серно кислотных стоков.....	11
<i>А.П. Дунец.</i> Проект мобильного робота для мониторинга водоемов	13
<i>В. Антонович, Р. Стонис</i> Возможности использования отходов катализатора нефтехимического производства в строительных материалах	15
<i>Г.А. Соколов, Н.Н. Бамбалов, С.И. Коврик.</i> Научно-технологическая технология получения биологически активных гуминовых микроэлементных удобрений	17
<i>В.В. Ажаронков, В.А. Люшкевич, И.И. Филатова, А.Г. Жуковский, В. Милдажене, А. Малакаускайте, Г. Паужайте, А. Станкевичене, В. Снешкене.</i> Использование плазменно-радиоволновых технологий в экологическом земледелии	19
<i>О.М. Балаева-Тихомирова, Т.А. Толкачёва.</i> Обоснование применения раннецветущих растений для получения экстрактов антиоксидантного действия	21
<i>Т.В. Никонович, М.Ю. Шпак.</i> Особенности применения света различного спектрального состава для размножения растений в культуре <i>in vitro</i>	23
<i>О.В. Бахур, О.Б. Дормешкин.</i> Концепция и опыт реализации международного научно-образовательного проекта «Летняя академия» в рамках трехстороннего сотрудничества трансграничных заповедных зон	25
<i>В. Миронов, О. Озернов, И. Евменов.</i> Измельчение отходов резины методом комбинированной девулканизации	27
<i>Н.В. Гончарова.</i> Роль кафедры ЮНЕСКО в экологическом образовании через программу «Балтийский университет (BUP)».....	29
<i>Н.В. Барулин.</i> Характеристика проекта AQUABEST (Аквабест)	31
Секция «Медицина, медицинская техника и технологии, фармацевтика» ...	34
<i>Л.И. Надольник.</i> Основные направления исследований, разработки, проекты в области биомедицинских технологий Института биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси	34
<i>Т.М. Рыбина, В.Г. Щербицкий, Т.К. Данилова, О.Ф. Кардаш, Т.М. Сушинская, И.А. Кураш, А.Л. Рыбина, О.В. Цуканова.</i> Разработка	

анализатора вибрационной чувствительности АНВЧ-01 для медицинской диагностики	37
<i>Е. Тамулене, Р. Вайшнорас.</i> Использование наночастицы для обнаружения рака поджелудочной железы на ранней стадии	40
<i>А.В. Рогачев, М.А. Ярмоленко, А.А. Рогачев, Д.В. Тапальский.</i> Синтез, морфология и свойства антибактериальных наноконпозиционных металлсодержащих полимерных покрытий.....	42
Секция «Информационные технологии, электроника, робототехника, приборостроение»	44
<i>А.В. Тузиков, А.Г. Гривачевский.</i> Разработка и внедрение в отраслях экономики Беларуси информационно-аналитических и информационно-коммуникационных систем	44
<i>Ю.С. Харин, Е.Н. Мельникова.</i> О направлениях деятельности НИИ прикладных проблем математики и информатики в области ИКТ	46
<i>А.М. Боровик, М.С. Зеленина, О.А. Козлова, И.Ю. Ловшенко, В.А. Скачкова, В.Р. Стемпицкий.</i> Компьютерное моделирование свойств перспективных материалов, проектирование и оптимизация технологических процессов и приборных структур микро- и наноэлектроник	49
<i>Е.А. Краснобаев.</i> Программное средство поиска изображений по цветовым характеристикам	51
<i>С.А. Ермоченко.</i> Компьютерное моделирование реконструированного среднего уха	53
<i>Е.А. Корчевская, В.М. Мироненко.</i> Интеллектуальный анализ изображений микроскопических биологических объектов	55
<i>Н. Миронова-Улмане, В. Скворцова, А. Шараковский, Г. Чикваидзе, Е.К. Юхно, Л.А. Башкиров.</i> Спектроскопические исследования $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$	57
<i>Л.А. Башкиров, Е.К. Юхно, Н.А. Миронова-Улмане, А.Г. Шараковский, П.П. Першукевич.</i> Флюоресцентные свойства люминофоров на основе индата LaInO_3 со структурой перовскита, легированного ионами Pr^{3+} , Sm^{3+} , Sb^{3+}	59
<i>А. Плюц, А. Поддубская, П.П. Кужир, С.А. Максименко, Я. Мацуткевич, Ю. Банис, Я. Зицанс.</i> Электромагнитные свойства композиционных материалов на основе термопластичной матриц	61
<i>В.С. Безбородов, С.Г. Михаленок, Н.М. Кузьменок, А.А. Черник, В.В. Жилинский, И.М. Жарский, О.Б. Дормешкин, А.Г. Смирнов, А.А. Степанов, В.И. Лапанник, Г.М. Сосновский.</i> Анизотропные материалы, структуры, процессы. Дизайн, практическое использование и перспективы развития.....	63
<i>К.Б. Подболотов, А.А. Хорт.</i> Синтез нанокристаллических сегнето-электрических керамических материалов путем экзотермического взаимодействия в растворах	65
<i>И.А. Врублевский, К.В. Чернякова, А.К. Тучковский.</i> Использование структурной инженерии нанопористого Al_2O_3 и алюминиевой основы для создания изделий электроники	66

**СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ,
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, РАЦИОНАЛЬНОЕ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЗАЩИТА ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ»**

СОРБЕНТЫ С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

В. Миронов¹, А. Шишкин¹, Ю. Трейс¹, Ю. Ушеренко²

¹*Riga Technical University, Laboratory of Powder Materials*

e-mail: viktors.mironovs@gmail.com

²*Белорусский национальный технический университет*

e-mail: osher_yu@mail.ru

Стремительный рост нефтехимической промышленности привёл к учащению различных аварий, приводящих к разливу нефти. Разливы нефти могут произойти на любом из этапов добычи, хранения или транспортировки нефти. Потенциальными источниками разливов нефти можно назвать фонтанирование скважины во время подводной разведки или добычи, выбросы или утечки из подводных трубопроводов, утечки из резервуаров для хранения нефтепродуктов, располагающихся на суше, или утечки из трубопроводов в береговой зоне, а также аварии при транспортировке. Очистка воды и прибрежных территорий от последствий таких аварий имеет глобальное значение.

Различные сорбенты широко используются для изоляции и сбора разлитой нефти. Значительной проблемой применения многих нефтяных сорбентов является их сбор с поверхности воды и земли. Одним из возможных решений является сбор сорбента с помощью магнитных (электромагнитных) сил. Для этого сорбент должен обладать магнитными свойствами.

Известные сорбенты с ферромагнитными свойствами содержат твердые магнитные частицы, такие как феррит бария или порошок оксида железа. Вода обеззараживается путем фильтрации через слой сорбента. Существуют сорбенты из магнитно мягких материалов с выраженными ферромагнитными свойствами, например сорбенты из железного порошка. Основными недостатками этих сорбентов являются низкая эффективность, высокая себестоимость и недостаточная плавучесть.

Отличительными преимуществами представляемого сорбента Comsor, разработанного в Латвии, являются улучшенная плавучесть и повышенные магнитные свойства.

Частица сорбента «Comsor» состоит из полый сферы с прикрепленными ферромагнитными частицами (рис. 1а, б, с). Размер данных полых сфер варьируется в диапазоне 10-500 мкм. Полые керамические микросферы из золы уноса используются как основа. Они инертны и устойчивы как к воздействию воды, так и к нефтепродуктам и содержат 20-40% SiO₂ и 20-50% Al₂O₃. Размер ферромагнитных частиц находится в интервале 3-90 мкм. Частицы состоят из железа (например, промышленные отходы порошковой металлургии) или размолотой прокатной окалины (Fe₃O₄).

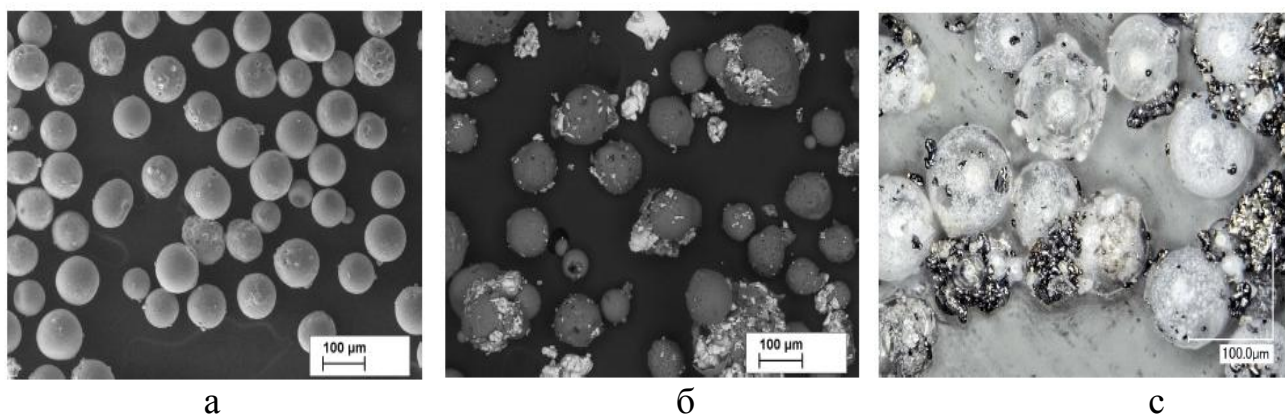


Рис.1. Микросферы (а), изображение композиционного сорбента Comsor, полученное сканирующим электронным микроскопом (б) и изображение Comsor, полученное оптическим микроскопом (с)

Для изготовления предлагаемого сорбента применялся следующий метод: определенное количество микросфер, частиц ферромагнитного материала и связующего вещества вводились во вращающийся реактор. Во время процесса обработки частицы связываются и образуют композиционный сорбент. Дальнейшая термообработка ведет к солидификации связующего состава. Сепарация готовой продукции от исходных компонентов выполняется в магнитных и гравитационных сепараторах. Полученный сорбент впоследствии может быть обработан с помощью гидрофобных соединений.

Экспериментальные исследования показали, что сорбент Comsor может сорбировать до 57 мас% от их собственной массы. Данный сорбент предлагает безопасное и эффективное очищение от загрязнения нефтепродуктами, особенно в случае тонких (0,5-2 мм) нефтяных пленок. Благодаря улучшенной плавучести время пребывания сорбента на поверхности воды/нефти достаточно для достижения максимального насыщения пролитыми нефтепродуктами. Главным преимуществом разработанного сорбента является возможность его селективное извлечение с любой поверхности – вода, грунт. Полученный ферромагнитный сорбент может быть использован также для очистки твердых поверхностей со сложным рельефом (тротуары, камни), где сбор разлитых нефтепродуктов затруднен.

Дополнительная информация:

1. A. Shishkin, V. Mironovs, V. Lapkovskis, J. Treijs, and A. Korjamins, “Ferromagnetic Sorbents For Collection and Utilization of Oil Products,” *Key Eng. Mater.*, vol. 604, pp. 122–125, 2014. (doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.604.122). (SCOPUS Data base).

2. Šiškins, V. Mironovs, J. Treijs, J. Baroniņš. Sorbent with ferromagnetic properties (Sorbents ar feromagnētiskām īpašībām (in Latvian)). LR Patent application LV 14822 B, 20.06.2014.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, В.А. Рухля, О.Г. Пап, О.В. Ивашина
Учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем»
shablovski@bsu.by

В современных условиях жесткой конкурентной борьбы на рынке пищевой индустрии, при возрастающих требованиях к качеству и ужесточении критериев безопасности производимой продукции, интенсификация производства, повышение рентабельности предприятий сельского хозяйства и пищевой промышленности, невозможны без внедрения современных экологически безопасных дезинфекционных технологий. Важную роль играют не только надёжность мойки и дезинфекции, которые обеспечат снижение потерь при производстве и хранении, высокое качество продукции, её физиологическую безопасность для конечного потребителя, но, также, простота и эффективность использования, сокращение сроков дезинфекции, проблема охраны окружающей среды и защита человека при использовании дезинфицирующих средств.

Разработаны рецептуры и технологии получения оригинальных дезинфицирующих средств нового поколения на основе перекисных соединений, низкомолекулярных органических кислот в сочетании с высокомолекулярными полимерными биоцидами и детергентами, предназначенных для дезинфекции на предприятиях пищевой промышленности и сельского хозяйства, отличающихся не только высокой антимикробной активностью, но и низкой токсичностью, длительным действием и минимально негативным влиянием на экологию, сельскохозяйственных животных и человека.:

1. **«Нависан-1»** предназначен для комплексной холодной дезинфекции оборудования и помещений перерабатывающих предприятий пищевой промышленности, инвентаря, тары, закрытых автоматизированных систем (СИР) мойки, воздуха производственных и вспомогательных помещений, а также транспортных средств. Препарат идеально подходит для высокоэффективной и экономичной технологии объемной (аэрозольной) дезинфекции. Допускается введение данного дезинфицирующего средства непосредственно в пищевые продукты в процессе производства (сахарное производство).

2. **«Валисан-2»** предназначен для санации животноводческих помещений по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота.

3. **«Нависан-Агро»** предназначен для дезинфекции овоще- и фруктохранилищ. После обработки образует на поверхности водорастворимую полимерную пленку, обеспечивающую пролонгированный эффект бактерицидного действия препарата.

4. **«Нависан-ДД»** - препарат для одновременной дезинфекции и дезинсекции животноводческих помещений. Не имеет мировых аналогов.

5. **«Нависан-Вет»** предназначен для обработки помещений и оборудования убойных цехов мясоперерабатывающих предприятий.

6. **«Валисан»** - дезинфектант пролонгированного действия для проведения дезинфекции объектов животноводства. Эффективен против птичьего и свиного гриппа.

7. **«Валисан-К»** – для профилактики и лечения гнойно-некротических поражений конечностей крупного рогатого скота;

8. **«Валисан-ЖКХ»** – бесхлорный дезинфектант для обеззараживания объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения.

9. **«Тубисан»** – ветеринарное дезинфицирующее средство с моющим эффектом, обеспечивающее полную инактивацию возбудителей туберкулеза.

10. **«Меладез»** – дезинфицирующее средство селективного действия для обработки мелассы дрожжевого производства.

11. **«Санитэк»** – для обеззараживания оборудования и помещений предприятий пищевой промышленности.

12. **«Суперсепт»** предназначен для обработки доильно-молочного оборудования на животноводческих молочно-товарных фермах и комплексах по производству молока.

Дезинфицирующие средства обладают высокой эффективностью в отношении широкого спектра возбудителей бактериальных, вирусных и грибковых инфекций – грамотрицательным и грамположительным бактериям и споровым формам, в т. ч. групп кишечной палочки, стафилококков, стрептококков, сальмонелл, дрожжей, плесневых грибов, микобактерий туберкулеза. Резистентность микроорганизмов к препаратам отсутствует.

Являются безопасными в применении в связи с отсутствием раздражающего действия на слизистые оболочки и глаза обслуживающего персонала. Это позволяет проводить дезинфекцию в присутствии людей и животных, не требуют смыва.

Немаловажным преимуществом разработанных препаратов, наряду с простотой применения, высокой эффективностью при проведении дезинфекции, в том числе высокодисперсными аэрозолями, низкими нормами расхода (концентрация рабочих растворов 0,1 – 1,0 %), высокой стабильностью рабочих растворов (2 недели) – является их низкая стоимость (как минимум вдвое), по сравнению с большинством зарубежных дезинфектантов присутствующими на рынке Республики Беларусь.

Научно-технический уровень разработанных дезинфицирующих средств отмечен дипломами и медалями международных выставок и салонов инноваций и инвестиций.

В настоящее время освоено серийное производство ряда разработанных дезинфицирующих средств, которые широко используются в дезинфекционной практике пищевых производств, а также в комплексе противоэпизоотических мероприятий ветеринарии.

СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ АММОНИЯ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ РЫБЫ В ТРАНСПОРТНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ

В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, В.А. Рухля, О.Г. Пап, О.В. Ивашина

Учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем»

E-mail: shablovski@bsu.by

В настоящее время основные перевозки живой рыбы от производителя к потребителю осуществляется автомобильным транспортом. При этом протекают процессы накопления продуктов жизнедеятельности рыбы в воде, отрицательно влияющие на ее выживаемость. При продолжительности перевозки живой рыбы в течение 30-50 часов и плотности посадки 1:3 (отношение массы рыбы к объему воды) происходит накопление конечных продуктов обмена: свободной углекислоты (CO_2) – до 85 мг/л, аммонийного азота (NH_4^+) – до 90 мг/л. Допустимый предел названных величин для карповых прудов составляет 30 мг/л - для углекислоты и 2 мг/л – для аммонийного азота. Углекислота довольно свободно удаляется из воды, поэтому в открытых емкостях, которые тем или иным образом аэрируются, содержание углекислоты не достигает критической величины. Концентрация же аммонийного азота при аэрации воды воздухом и даже кислородом не снижается.

Авторами были проведены исследования по удалению аммонийного азота различными сорбционными материалами с целью определения наиболее эффективного объекта, который можно использовать в процессах очистки автономной системы жизнеобеспечения рыбы.

В качестве сорбентов аммонийного азота применялись: катионит КУ-2×8 в водородной форме (Н-КУ), катионит КУ-2×8 в натриевой форме (Na-КУ), активированный уголь АГ-3, а также разработанные в НИИ ФХП БГУ цеолитоподобный сорбент ФЛАМ и сорбент на основе фосфата титана (ФТ).

На рис.1 представлены изотермы сорбции ионов аммония из водных растворов. Высокую сорбционную емкость при низких равновесных значениях ионов аммония показали сорбенты КУ-2х8 и ФЛАМ. Наибольшую избирательность к целевому компоненту имеет водородная форма катионообменной смолы, наименьшую – активированный уголь. Однако, при использовании Н-КУ в наших экспериментах, вследствие поглощения ионов аммония и эквивалентного выхода в раствор ионов водорода, рН равновесного раствора понижается до 2,00-3,80, что несовместимо с условиями жизнедеятельности рыбы. Сорбенты ФЛАМ и ФТ обладают достаточно высокой сорбционной емкостью (СЕ). При равновесной концентрации ионов аммония 20 мг/л величина СЕ для ФЛАМа составляет 4 мг/г, для ФТ – 1мг/г, при равновесной концентрации 80 мг/л СЕ для ФТ соответствует 5 мг/г, в случае ФЛАМа реализуется полная СЕ - 70 мг/г. По результатам испытаний в качестве перспективных сорбентов были выбраны Na-КУ и ФЛАМ. Было также показано, что основное поглощение ионов аммония происходит в течение часа и особенно быстро в первые 10 минут. При этом равновесная концентрация ионов аммония падает в несколько раз, вплоть до десятых долей.

Эти зависимости были получены при использовании растворов как малых (4 г/л), так и больших (40 г/л) концентраций аммонийного азота.

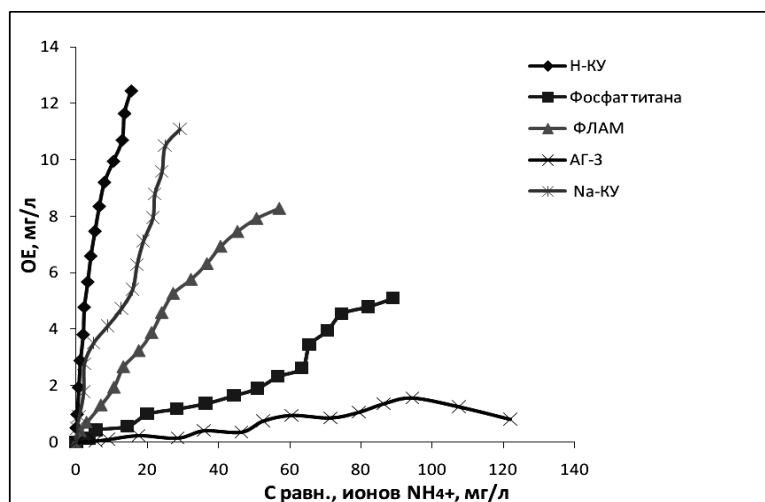


Рис.1. Изотермы поглощения ионов аммония NH₄⁺ различными сорбентами

Однако, в реальной воде содержатся соли жесткости, которые могут составить конкуренцию ионам аммония. Исследование сорбции в присутствии ионов кальция показало, что содержание Ca²⁺ до 80 мг/л практически не оказывает влияния на поглощение ионов аммония сорбентом ФЛАМ в отличие от Na-KУ. Это подтверждает селективность ФЛАМ по сравнению с Na-KУ, что обусловлено жесткой структурой цеолито-подобного сорбента в сравнении с ионообменной набухающей смолой.

Авторами проведены эксперименты по поглощению ионов аммония сорбентом ФЛАМ в динамическом режиме из растворов, концентрации которых соответствовали 4,0 мг/л и 40 мг/л. Как показали эксперименты, после прохождения через колонку 2 000 к.о. (100 л) сорбата ионов аммония в фильтрате не обнаружено. Чтобы насытить сорбент целевым компонентом и реализовать его полную обменную емкость (4 ммоль/г) раствором указанной концентрации необходимо пропустить не менее 10 000 к.о. сорбата. В этом случае сорбент массой 1 кг способен очистить 1 м³ воды или поддерживать концентрацию ионов аммония на уровне ПДК. При пропускании раствора, содержащего 40 мг/л ионов аммония в количестве 500 к.о. концентрация ионов аммония в элюате не достигает 25% исходного значения. Было установлено, что после насыщения сорбент легко регенерируется 8% раствором хлорида калия. При этом восстанавливается практически 100% первоначальной полной обменной емкости.

Таким образом, было показано, что наиболее предпочтительным сорбентом для поглощения ионов аммония из транспортных контейнеров для перевозки рыбы является цеолитоподобный сорбент ФЛАМ, разработанный в НИИ ФХП БГУ.

КОАГУЛЯНТ-ФЛОКУЛЯНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СЕРНОКИСЛОТНЫХ СТОКОВ

В.О. Шабловский, А.В. Тучковская, В.А. Рухля, О.Г. Пап, О.В. Ивашина
Учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем»
e-mail: shablovski@bsu.by

В настоящее время одним из методов очистки сточных вод является реагентный, основанный на использовании коагулянтов неорганической или органической природы. Коагулянты применяются для очистки сточных и природных вод от истинно растворенных и коллоидно-дисперсных веществ. При этом одновременно снижаются цветность, бактериальная загрязненность, а в отдельных случаях запахи и привкусы воды. В качестве коагулянтов для очистки сточных вод на промышленных предприятиях используют сульфат алюминия, сульфаты железа, алюминат натрия, гидроксохлорид алюминия, алюмокалиевые и алюмоаммониевые квасцы, хлорное железо и др.

Для интенсификации процессов коагуляции и осветления применяют флокулянты. Гидролиз коагулянтов является одним из наиболее важных процессов коагуляции, и полнота его протекания влияет как на качество и эффективность очистки, так и на расход коагулянта. Поэтому процесс хлопьеобразования и последующей седиментации хлопьев может быть ускорен добавлением флокулянтов. Наибольшее распространение получили такие флокулянты как активная кремнекислота, крахмал, производные целлюлозы, полиакриламид и т.п. При этом минерализация очищаемой воды не изменяется, что имеет большое значение при сбросе очищенных сточных вод в водоемы. Совместное использование коагулянтов и флокулянтов позволяет в ряде случаев достичь установленных нормативов качества очистки воды.

Потребности РБ в коагулянтах и флокулянтах оцениваются в десятки тысяч тонн. Основную массу солей алюминия, использующихся в качестве коагулянтов, производят в мире на основе кислотного растворения дефицитного и дорогостоящего гидроксида алюминия. В РБ такое сырье практически отсутствует. В то же время, на ряде промышленных предприятий (машиностроительных, приборостроительных) в процессе производства образуется большое количество сернокислотных стоков. Авторами работы предложено использовать их для получения коагулянта-флокулянта.

Предлагаемый технологический процесс получения коагулянта-флокулянта включает следующие технологические стадии: 1) разложение алюминийсодержащего природного сырья растворами сернокислотных стоков; 2) отделение нерастворимого осадка от раствора коагулянта фильтрованием либо декантацией.

Полученный раствор, наряду с сульфатом алюминия, содержит растворенную кремнекислоту (44,73-46,0%), которая в процессе очистки воды выполняет роль флокулянта. В продуктах переработки содержится также сульфат железа, в присутствии которого достигается лучший результат

коагулирования, чем при использовании только сульфата алюминия. В результате получается высокоэффективный коагулянт-флокулянт, имеющий ряд преимуществ перед представленными на рынке РБ товарными продуктами: более широкий интервал температур процесса 6-30 °С, более широкую область оптимальных значений рН среды – 3,5-8,5, большую прочность и гидравлическую крупность хлопьев, возможность использования для вод с более широким диапазоном солевого состава, способность устранять вредные запахи и привкусы, обусловленные присутствием сероводорода. Кроме того, для достижения желаемого эффекта требуется в 1,5 – 2,0 раза меньшая доза разработанного коагулянта-флокулянта, чем при использовании коагулянта на основе чистого сульфата алюминия.

По разработанной технологии был изготовлен коагулянт-флокулянт на основе природного алюмосиликата нефелина и отходов сернокислотного травления, образующихся при поверхностной очистке деталей из стали на РУП «МТЗ». На очистных сооружениях этого же предприятия были проведены испытания полученного коагулянта-флокулянта для очистки сточных вод производства. Результаты испытаний представлены в таблице.

Результаты испытаний сточных вод РУП «МТЗ»

№	№ пробы	рН	Взвеш. вещ-ва	Сухой остаток	Нефтепродукты	ХПК	Хром	Железо	Цинк	Никель	Свинец
		Ед.	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг О ₂ /дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Проба до очистки	7,36	123	666	7,188	228	<0,1	6,731	0,345	<0,1	<0,1
2	Проба № 1	6,85	10	854	1,19	185	<0,1	3,686	0,177	<0,1	<0,1
3	Проба № 2	6,03	8	942	1,03	188	<0,1	4,570	0,315	<0,1	<0,1
4	Проба № 3	7,0	14	678	0,83	212	<0,1	0,553	<0,1	<0,1	<0,1
5	Проба № 4	6,43	16	830	0,88	224	<0,1	6,110	0,205	<0,1	<0,1
6	Проба № 5	7,18	12	684	1/02	221	<0,1	0,861	<0,1	<0,1	<0,1
7	Проба № 6	6,56	18	768	0,95	212	<0,1	5,333	0,243	<0,1	<0,1
8	Проба № 7	6,97	8	646	1,01	221	<0,1	1,821	<0,1	<0,1	<0,1
9	Проба № 8	6,60	4	786	0,86	190	<0,1	3,446	0,181	<0,1	<0,1
10	Проба № 9	7,06	10	700	0,82	160	<0,1	3,494	0,109	<0,1	<0,1
11	Проба №10	6,28	14	1038	0,78	170	<0,1	3,641	0,319	<0,1	<0,1

Результаты испытаний показали, что содержание взвешенных веществ после обработки коагулянт-флокулянт в сравнении с исходной (до очистки) водой снижается в 6-20 раз, содержание нефтепродуктов в 7-9 раз, содержание цинка и железа в 1,5-3 раза.

Коагулянт-флокулянт, полученный на основе сернокислотных стоков и природного алюминийсодержащего сырья, эффективно очищает сточную воду от всех основных примесей, в том числе от нефтепродуктов, взвешенных веществ, тяжелых металлов, делая ее пригодной для слива в коммунальную канализацию г. Минска.

ПРОЕКТ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОДОЕМОВ

А.П. Дунец

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет»

e-mail: apdunetch@bstu.by

Рассматривается применение автономных мобильных роботов в задачах гидрологического мониторинга. Предлагается концепция автономного плавсредства для решения задачи построения профиля водоема.

Задачи по мониторингу водоемов являются весьма трудоемким видом деятельности. Выезд на место с комплектом из плавсредства и измерительного оборудования – очень затратное мероприятие. Существующие стационарные посты гидрологического мониторинга собирают весьма ограниченный объем данных. В то же время комплекс проблем, которые требуют внимания, очень широк. Он включает в себя: построение профиля дна водоема для корректировки фарватера, экологический мониторинг, обследование и оценка состояния прудов рыбозаводов и т.п.

Решение этих задач требует движения плавсредства с измерительной аппаратурой по сложной траектории с определенным шагом [1].

В данной работе рассматриваются примеры решения этих задач с применением мобильных роботов. Это позволяет снизить затраты и ускорить процесс сбора данных если используются несколько роботов, которые функционируют в режиме «рой роботов».

Подобные разработки существуют и активно развиваются за рубежом. Например:

1. робот BathyBoat, который разработан лабораторией морской гидродинамики Мичиганского университета в сотрудничестве с Мичиганским технологическим исследовательским институтом [2];

2. разработка Питтсбургского университета представляет собой плавсредство в виде компактного аэроглиссера размером около 1 метра [3].

По оценкам американских специалистов применение компактных и недорогих плавающих роботов позволило снизить затраты на обследование водоемов в 5-10 раз. [4].

Предлагается разработать собственное техническое решение для похожих задач с учетом специфики наших реалий [5]. В рамках этого проекта планируется создать плавающий автономный мобильный робот, который будет собирать данные о водоеме, автоматически двигаясь по заданной траектории не требуя вмешательства человека-оператора.

При этом к роботу предъявляются следующие требования:

1. Точность определения координат точек измерения – 1 метр;
2. Минимальный шаг точек на траектории – 1 метр;
3. Точность определения глубины водоема в точке измерения – 0,2 метра;
4. Минимальное время автономной работы – 3 часа;

5. Скорость движения – 4-6 км/ч;
6. Протоколирование результатов измерений в память робота;
7. Возможность предварительной оценки результатов в оперативном режиме с использованием телеметрии;
8. Полезная нагрузка – 3-4 кг.

Предполагается оснастить такое роботизированное плавсредство набором датчиков для сбора данных об водоеме: глубина с координатами замеров для последующего построения профиля водоема, датчики анализа состава воды: оценка солености, количества растворенного кислорода. Номенклатура датчиков может быть гибкой и формироваться исходя из решаемой задачи.

Литература

1. В.С. Ермаков, Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 72 с.
2. Jeff Gillies. Remote Controlled Sensing // Environmental Monitor Magazine. -Spring. - 2013. – pp 34-35.
3. A. Valada, P. Velagapudi, B. Kannan, C. Tomaszewski, G. Kantor, P. Scerri Development of a Low Cost Multi-Robot Autonomous Marine Surface Platform // Proceedings of 5th International Conference ICIRA 2012. – Montreal (Canada), 2012, pp 472-485.
4. Hunter C. Brown, Liza K. Jenkins, Guy A. Meadows, Robert A. Shuchman. BathyBoat: An Autonomous Surface Vessel for Stand-alone Survey and Underwater Vehicle Network Supervision // Marine Technology Society Journal, Vol. 44, no. 4. - 2010. – P 20-29.
5. Волчек А.А., Шешко Н.Н., Костюк Д.А., Дунец А.П. Концепция мобильного робота для мониторинга водоемов // Автоматизации и роботизация процессов и производств: материалы республиканского научно-практического семинара. – Минск: Бизнесофсет, 2014 – С. 105-107.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ КАТАЛИЗАТОРА НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Валентин Антонович, Римвидас Стонис
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса
e-mail: valentin@centras.lt

В установках каталитического крекинга нефтехимической промышленности каждый год образуется около 400 000 т отходов катализатора [1]. В Литве на нефтеперерабатывающем заводе в г. Мажейкяй количество таких отходов составляет около 200 т/год. В Европейском каталоге отходов (94/3/ЕЕС) флюидальный катализатор (ОФК) каталитического крекинга классифицируется как неопасный (non-hazardous). Ассоциация изготовителей (ЕССРА) идентифицирует потенциальное использование (утилизацию) данных отходов в гражданском строительстве, производстве цемента, изоляционных материалов и металлургии. Исследования последних 15 лет показывают, что алюмосиликатный ОФК может быть активной добавкой при изготовлении различных цементных смесей [2]. Однако, такие факторы, как возможное (в некоторых случаях) повышенное содержание тяжелых металлов в ОФК и относительно небольшие образующиеся объемы отходов не позволяют успешно использовать данные отходы в массовом производстве сухих цементных смесей или бетона, предназначенных для гражданского строительства.

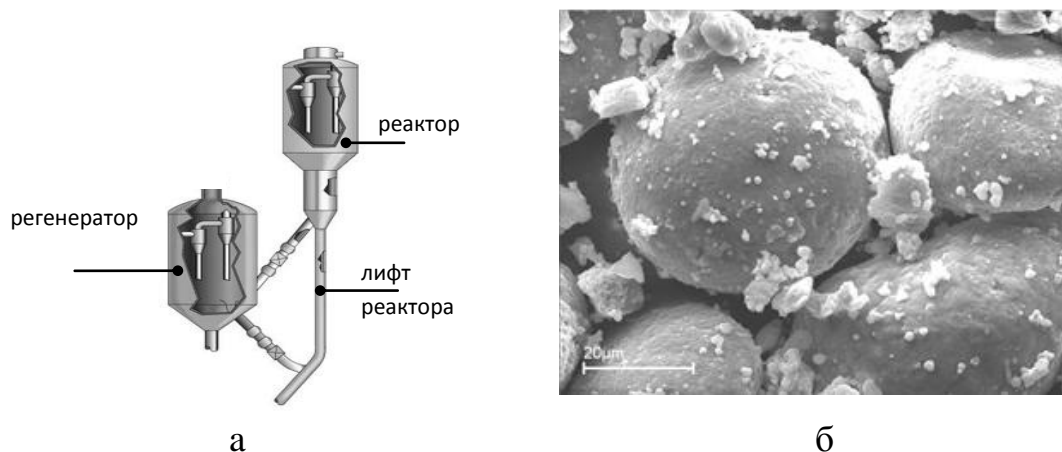


Рис 1. Схема установки каталитического крекинга (а) и вид частиц отработанного катализатора (б)

Более успешное использование ОФК возможно в материалах, предназначенных для применения в промышленных объектах, таких как тепловые агрегаты. Целью разработки новых составов огнеупорных бетонов, применяемых в ограждающих конструкциях тепловых агрегатов, является

заинтересованность получить не только экологический и экономический эффект от утилизации ОФК, но и разработать материал с улучшенными свойствами.

Проведенные исследования показали, что добавка ОФК в огнеупорном бетоне с глиноземистым цементом ускоряет гидратацию цемента, влияет на состав продуктов гидратации, микроструктуру бетона (рис. 2) и, как следствие, увеличивает механические свойства такого материала в холодном состоянии и при высоких (до 1200 °С) температурах. В смесях, предназначенных для торкретирования (набрызгивания бетона), добавка уменьшает отскок (расход) материала, а при применении в бетонах, изготавливаемых вибротельем, снижает его водопотребность и сегрегацию при подаче материала насосом.

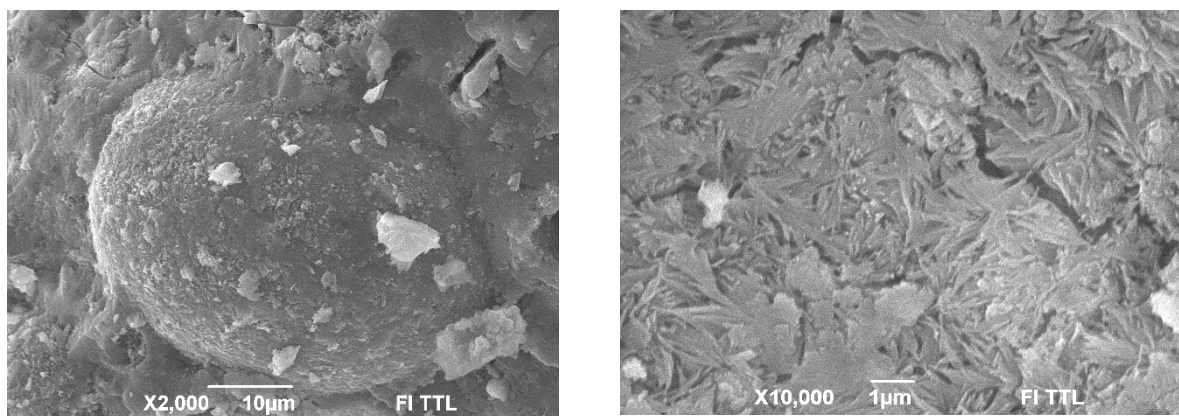


Рис. 2. Микроструктура связующего огнеупорного бетона с добавкой ОФК: а – частица ОФК в структуре связующего, б - структура гидратов в контактной зоне

Литература

1. Furimsky, E Spent refinery catalysts: environment, safety and utilization // Catal. Today 30 (4), 1996, p. 223-286.
2. Paya, J.; Monzo, J.; Borrachero, M. Fluid Cracking residue: an excellent mineral by-product for improving early-strength development of cement mixtures // Cement and Concrete Research 29 (11), 1999, p. 1773-1779.

НАУКОЕМКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГУМИНОВЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Г.А. Соколов, Н.Н. Бамбалов, С.И. Коврик

*Государственное научное учреждение «Институт природопользования
Национальной академии наук Беларуси»*

e-mail: agrico@yandex.by

В Институте природопользования разработаны составы биологически активных гуминовых микроэлементных удобрений «ЭлеГум», предназначенных для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок полевых, овощных, плодово-ягодных и цветочно-декоративных культур. Удобрения можно применять для обеспечения потребности вегетирующих растений в микроэлементах, стимуляции их роста и развития, повышения урожайности и биологической полноценности растениеводческой продукции.

Удобрения «ЭлеГум» универсального и специального составов готовят путем обогащения гуминовых торфяных экстрактов, обладающих выраженной биологической активностью, различными наборами и соотношением микроэлементов. Массовая концентрация гуминовых веществ в удобрениях «ЭлеГум» составляет 10-20 г/л. Содержание микроэлементов в форме хелатов и в органо-минеральной форме: «ЭлеГум Медь-Марганец» – 2 марки по 25 или 33 г/л каждого микроэлемента, «ЭлеГум Медь-Цинк» по 25 г/л каждого микроэлемента, «ЭлеГум Бор-Марганец» по 25-50 г/л марганца и 50-100 г/л бора, «ЭлеГум Бор-Цинк» по 50 г/л каждого микроэлемента, «ЭлеГум Бор-Медь» по 25-50 г/л меди и 50-100 г/л бора, «ЭлеГум Цинк-Марганец» по 20-30 г/л каждого микроэлемента.

Все удобрения «ЭлеГум» хорошо растворимы в воде, нетоксичны (жидкость 3 класса опасности). Срок хранения удобрений составляет 2 года. Удобрения «ЭлеГум» можно вводить в карбамидно-аммиачную смесь и использовать совместно. Применение удобрений «ЭлеГум» позволяет совместить в единый процесс три различные агроприема с функциями подкормки, защиты и рострегуляции растений.

Удобрения включены в Государственный реестр (госрегистрация № 11-07-0007 от 29.12.2008 г.) для использования в АПК и личных подсобных хозяйствах. Цех по их производству мощностью до 1 000 000 л/год находится на ОАО «Зеленоборское».

По результатам полевых испытаний Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси в хозяйствах Минской области, производственных опытов СПК «Малеч» и др. в Брестской области на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах начиная с 2006 г. применение удобрений «ЭлеГум» в некорневую подкормку сельскохозяйственных культур обеспечивало прибавки урожайности: зерна озимой пшеницы до 0,75 т/га (при общей урожайности 8 т/га и выше); корнеплодов сахарной свеклы до 6,5-7,5 т/га (51 т/га); зерна кукурузы до 1,5 т/га (10,2 т/га), льноволокна до 0,3 т/га (1,94 т/га).

Предпосевная обработка семян в среднем давала прибавки урожайности зерна озимой пшеницы 0,45-0,48 т/га, а ячменя – 0,42 т/га. Отмечена тенденция повышения содержания белка и клейковины в зерне.

По данным Института овощеводства и Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси использование комплексных гуминовых микроудобрений с медью, цинком, марганцем и бором для некорневых подкормок огурца и томата давало прибавки урожайности 12 % (2,7 т/га) у огурца и 17 % (1,5 т/га) у томата в сравнении с обычными удобрениями.

В серии опытов Центрального ботанического сада НАН Беларуси некорневые подкормки «ЭлеГум» цветочных культур, декоративных кустарниковых, хвойных и древесных, а также ягодных растений активно стимулировали рост вегетативных побегов, обеспечивали гармоничное развитие и отличное физиологическое состояние растений, повышали декоративность, увеличивали количество цветов, а также ранее вступление в фазу цветения растений.

По результатам полевых испытаний разработаны рекомендации «Применение комплексных гуминовых микроудобрений «ЭлеГум».

Таким образом, преимущества использования удобрений «ЭлеГум» заключаются в следующем:

- широкий диапазон использования в различных почвенно-климатических условиях;

- сокращение расходов за счёт совмещения операций на внесение микроэлементных удобрений и ростостимулирующих и протекторных веществ гуминовой природы;

- уменьшение воздействия сельскохозяйственной техники на почву;

- стоимость на 25-50 % ниже, а качество лучше зарубежных микроэлементных удобрений (за счёт биологической активности);

- расход удобрения составляет 1–2 л/га.

- повышение урожайности зерновых культур на 0,75–0,85 т/га, зерна кукурузы на 1,2–1,5 т/га, корнеплодов сахарной свёклы 6,5–7,5 т/га. Повышение продуктивности возделываемых культур, обусловленное применением удобрений, сопровождается улучшением качества и биологической полноценности растениеводческой продукции, повышением содержания до оптимального уровня микроэлементов.

Институт природопользования НАН Беларуси заинтересован в приезде представителей других государств для ознакомления с работой цеха по производству комплексных биологически активных гуминовых микроудобрений «ЭлеГум» на ОАО «Зеленоборское», пос. Зеленый Бор Смолевичского района Минской обл. и заключении договоров на приобретение как готовой продукции, так и научно-технологических разработок и документации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННО-РАДИОВОЛНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

В. В. Ажаронок¹, В. А. Люшкевич¹, И. И. Филатова¹, А. Г. Жуковский²,
В. Милдажене³, А. Малакаускиене³, Г. Паужайте³, А. Станкевичене³,
В. Снешкене³

¹*Институт физики НАН Беларуси*

²*РУП «Институт защиты растений», Беларусь*

³*Каунасский ботанический сад, Университет ВитAUTаса Великого, Литва*
e-mail: i.filatova@dragon.bas-net.by

Экологическое земледелие – одно из самых перспективных направлений в сельском хозяйстве, призванных решать задачи сохранения здоровья человека и окружающей среды. В органическом земледелии все чаще используются нетрадиционные методы предпосевной обработки семенного материала для стимуляции и защиты растений от инфекций. Результаты исследований последних лет свидетельствуют о хороших перспективах применения различных физических методов, выступающих в качестве альтернативы традиционным химическим средствам защиты и стимуляции роста растений.

В работе представлены результаты исследований эффективности предпосевной обработки низкотемпературной неравновесной плазмой и высокочастотным электромагнитным полем семян сельскохозяйственных культур, лекарственных и многолетних древесных растений с целью улучшения их посевных характеристик, защиты от фитопатогенов и стимуляции накопления в растениях отдельных вторичных метаболитов.

Плазменно-радиоволновую обработку семян проводили в Институте физики НАН Беларуси с использованием экспериментального стенда ВЧИ-62-5-ИГ-101, рабочая частота – 5,28 МГц [1]. Семена тестируемых зернобобовых культур (пшеницы яровой (*Triticum aestivum* L.), люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и кукурузы (*Zea mays* L.)) были предоставлены РУП «Институт защиты растений», лекарственных (календулы лекарственной – (*Calendula officinalis*) Центральным ботаническим садом НАН Беларуси, многолетних – Каунасским ботаническим садом, Литва.

В результате проведенных исследований выявлены оптимальные режимы обработки, что позволило увеличить урожай зерна пшеницы яровой на 4-6%, кукурузы- на 1.5-2.0%, люпина узколистного – на 20-40% по сравнению с контролем.

Предпосевная плазменно-радиоволновая обработка семян существенно снизила развитие болезней исследуемых многолетних и сельскохозяйственных культур в период вегетации, в частности, зараженность растений люпина узколистного одной из самых опасных болезней – антракнозом, поражающих люпин в фазе их стеблевания (рис. 1). Установлено, что фунгицидное действие обработки семян зернобобовых культур сохраняется на различных стадиях онтогенеза, но наиболее эффективно проявляется на ранних этапах развития растений, что позволяет в этот период существенно снизить использование химических средств защиты (рис. 2).

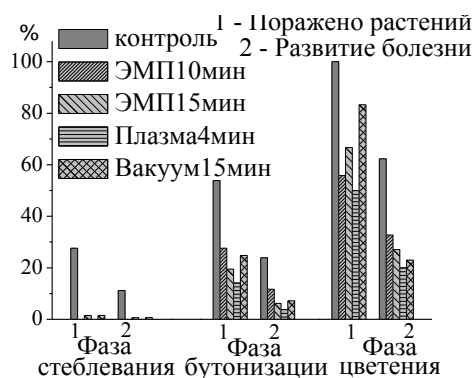


Рис. 1. Влияние плазменно-радиоволновой обработки семян на развитие антракноза на растениях люпина узколистного

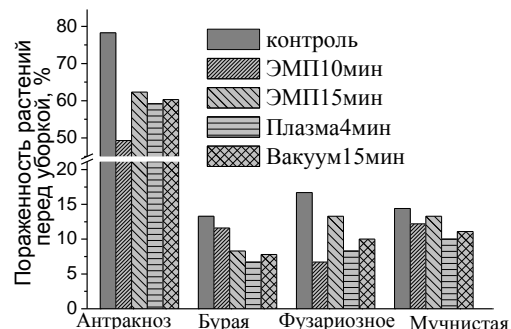


Рис. 2. Влияние плазменно-радиоволновой обработки семян на степень инфицированности люпина узколистного перед уборкой урожая

Исследования накопления вторичных метаболитов в лекарственном сырье календулы лекарственной показали, что наибольшее количество фенольных соединений, в том числе флавоноидов, содержится в растениях, семена которых подверглись плазменной обработке (рис. 3 а, б) [2]. Установлено также, что обработка семян способствовала повышению содержания аскорбиновой кислоты в соцветиях календулы лекарственной (рис. 3, в).

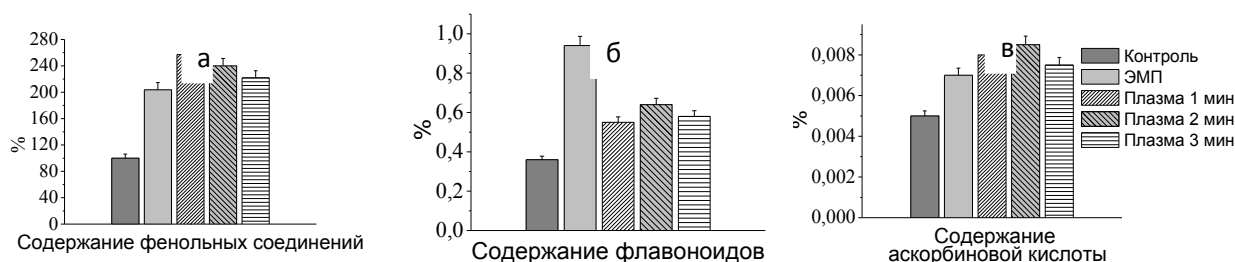


Рис. 3. Влияние предпосевной обработки на накопление фенольных соединений (а), флавоноидов (б), аскорбиновой кислоты (в) в календуле лекарственной (*Calendula officinalis*)

Таким образом, разработанный метод предпосевной плазменно-радиоволновой обработки семян при оптимальных режимах воздействия физических факторов стимулирует всхожесть и развитие растений на ранних стадиях, позволяет существенно снизить их зараженность патогенной микрофлорой, а в случае зернобобовых культур – сдерживать развитие грибных инфекций в посевах на различных стадиях онтогенеза, способствует улучшению фармакологического качества лекарственного сырья.

Литература

1. Влияние режимов воздействия плазмы высокочастотного емкостного разряда на стимуляцию всхожести и фитосанитарное состояние семян / И.И. Филатова [и др.] // ЖПС. – 2014.– Т.81, № 2 – С. 256 – 262.
2. Влияние электромагнитного излучения на качество лекарственного сырья /Ж. Э. Мазец [и др.] // Актуальные проблемы сельскохозяйственной биотехнологии. – Пинск, 2012. – С.95–104.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАНИЕЦВЕТУЩИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ АНТИОКСИДАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ

О.М. Балаева-Тихомирова, Т.А. Толкачёва

*Учреждение образования «Витебский государственный университет
имени П.М. Машерова»
tanyatolkacheva@mail.ru*

Раннецветущие растения обладают более совершенной антиоксидантной системой по сравнению с другими растениями, что связано с неустойчивыми погодными условиями в период их роста и развития. Такие растения имеют высокое содержание биологически активных веществ широкого спектра действия. При этом по качественному составу химических веществ различные виды раннецветущих растений близки между собой, но по количественному содержанию они существенно различаются. Для защиты от разрушительного действия свободных радикалов организмы используют компоненты антиоксидантной защиты [1]. Растительные антиоксиданты обладают широким спектром целебного воздействия: сосудорасширяющими, противоопухолевыми, противовоспалительными бактерицидными, иммуностимулирующими и противоаллергическими свойствами [2]. Данные соединения замедляют или предотвращают окисление органических соединений. Антиоксидант соединяется со свободным радикалом и предотвращает разрушительное действие лишнего электрона. С помощью ферментативной защитной системы организм преобразует клеточный оксидант в воду и кислород (не радикал) [3]. К высокомолекулярным антиоксидантам относят мембраносвязанные и цитозольные ферменты (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионзависимые пероксидазы и трансферазы) [4].

Цель работы – изучить ферментативную антиоксидантную активность раннецветущих растений.

Исследования ферментативной антиоксидантной активности проводилась в популяциях раннецветущих растений. Объект исследования: раннецветущие растения (лук медвежий (*Allium ursinum*); первоцвет весенний (*Primula officinalis*); лук шнитт (*Allium schoenoprasum*), их вегетативные и генеративные органы. Предмет исследования: биохимические показатели растений (активность глутатионредуктазы (ГР), каталазы, аскорбатпероксидазы (АПР), определение антиоксидантной активности (АА) растительного сырья). Образцы растений отбирались в популяции, произрастающей в условиях ботанического сада ВГУ имени П.М. Машерова, лесничества д. Крацевичи Борисовского района и лесничества г. Витебска. Лук шнитт был собран в тех же районах на частных подворьях. В эксперименте участвовали растения из популяций природных (медвежьего лука и первоцвета весеннего), интродуционных (медвежьего лука и первоцвета весеннего) и интродуционно-окультуренных (лук шнитт).

АА растительных объектов определяют по способности ингибировать аутоокисление адреналина *in vitro* и тем самым предотвращать образование активных форм кислорода [5]. Активность ферментов определяли

стандартными биохимическими методами [6]. Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2003, STATISTICA 6.0.

В результате проделанной работы были определены биохимические показатели тканей растений из разных мест обитания (активность глутатионредуктазы, каталазы, аскорбатпероксидазы, антиоксидантной активности растительного сырья). Согласно полученным данным можно сделать следующие выводы:

1. Определение ферментативной и неферментативной антиоксидантной активности в органах природных и интродуционных популяций раннецветущих растений показало, что существенных различий между раннецветущими растениями разных районов нет. У всех образцов наблюдались приблизительно одинаковые значения, но в листьях медвежьего лука превышают значения исследуемые показатели в 1,7–3,2 раза.

2. Исследования антиоксидантной активности природных и интродуционно-окультуренных популяций раннецветущих растений показали, что статистически значимые отличия получены у медвежьего лука в 2,16–2,67 раз по сравнению с луком шниттом.

3. Анализ результатов содержания в вегетативных и генеративных органах раннецветущих растений показал, что в цветке первоцвета весеннего содержится в 6,8–9,3 раз больше определяемых антиоксидантов по сравнению с другими частями. Наибольшее содержание определяемых веществ в медвежьем луке в корнях в 1,71–2,3 раза выше по сравнению с листьями и стеблями. У лука шнитта в корнях содержание определяемых показателей в 1,2 раза выше по сравнению с листьями. Вследствие этого наибольшее противодействие к окислительному стрессу имеют цветки первоцвета весеннего, корни медвежьего лука и лука шнитта, поэтому из этих частей растений целесообразно получать экстракты антиоксидантного действия.

Литература

1. Попов, В.Р. Биохимия / В.Р. Попов. – М.: Наука, 1960. – 246 с.
2. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова думка, 2008. – 246 с.
3. Веретенников, А.В. Физиология растений / А.В. Веретенников. – М.: Академический Проект, 2006. – 480 с.
4. Королюк, М.А. Метод определения активности каталазы / М.А. Королюк // Лабораторное дело. – 1988. – №1. – С.16–19.
5. Гребинский, С.О. Биохимия растений. / С.О. Гребинский. – Львов: Вища школа, 2005. – 210 с.
6. Толкачева, Т. А. Защитные реакции растительных объектов при стрессе и методы их оценки / Толкачева Т.А. Морозова И.М., Ляхнович Г.В. // Современные проблемы биохимии. Методы исследований: учеб. пособие / Е.В. Барковский [и др.]; под ред. проф. А.А. Чиркина. – Минск: Выш. шк., 2013. – 438–469 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТА РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ДЛЯ РАЗМНОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Т.В. Никонович, М.Ю. Шпак

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

tvnikonovich@gmail.com

Биотехнологические методы с использованием культуры *in vitro* в сравнении с традиционными методами размножения растений позволяют получать в большом количестве генетически однородный, оздоровленный посадочный материал картофеля, плодовых, ягодных, овощных и декоративных видов растений.

В культуре *in vitro*, не маловажное значение играет источник света и его физические характеристики. На сегодняшний день, перспективным направлением является использование установок на основе света искусственных диодов (СИД) для культивирования растений в условиях *in vitro*. Обладая низким энергопотреблением и нагревом, светодиодные установки позволяют сократить расходы на освещение и дают возможность располагать источники света в непосредственной близости к растению, тем самым не влияя на условия температурного режима помещения, в котором культивируются растения. Кроме того, многообразие световых решений позволяет создать определенный спектр света для каждой конкретной культуры.

В связи с актуальностью данной тематики, на базе кафедры сельскохозяйственной биотехнологии и экологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии созданы условия и на различных культурах проводятся эксперименты, которые позволили установить:

- по средствам изменения физических параметров освещения возможно управлять процессами роста и развития растений в культуре *in vitro* (стимуляция роста растений в высоту, увеличение количества и площади листового аппарата, индукция корнеобразования);
- изменение физических параметров влияет на способность различных культур к индукции каллусогенеза, способствует наиболее эффективному развитию апикальных меристем, что облегчает этап регенерации растений в культуре *in vitro*;
- применение установок на основе СИД позволяет минимизировать затраты на использование регуляторов роста при сохранении высоких коэффициентов размножения, что дает возможность уменьшить количество пассажей и сократить время пребывания растений в культуре *in vitro*, тем самым снижая риск проявления соматональной изменчивости;
- выращивание растений при различном спектральном составе света позволяет снизить степень проявления признаков гипероводненности и

каллусообразования у культивируемых растений, что повышает качество посадочного материала;

- изменение спектрального состава света, позволяет получать растения с более развитой корневой системой, что способствует наиболее эффективной их адаптации к условиям *ex vitro* и *in vivo*.

Таким образом, применение установок на основе СИД в качестве искусственного источника света для культивирования растений *in vitro* оправдывает свою эффективность как со стороны энергосбережения, так и в целях производства оздоровленного, высококачественного посадочного материала, который способен конкурировать как на внутреннем рынке республики, так и за ее пределами.

КОНЦЕПЦИЯ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЛЕТНЯЯ АКАДЕМИЯ» В РАМКАХ ТРЕХСТОРОННЕГО СОТРУДНИЧЕСТВА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ЗАПОВЕДНЫХ ЗОН

О.В. Бахур, О.Б. Дормешкин

УО «Белорусский государственный технологический университет»

oleg_bahur@belstu.by

Одним из наиболее эффективных средств удовлетворения рекреационных потребностей людей является экологический туризм, сочетающий в себе оздоровление, восстановление производительных сил человека, познание природы, представляющий большие возможности для духовного развития личности. Насущные рекреационные потребности общества с одной стороны, а также современное понимание роли лесных экосистем в поддержании экологического баланса территорий с другой, определяют возможности использования леса, как цельного природного объекта, для социально-экономического развития региона в целом. Именно такая идея явилась основой международного научно-образовательного проекта «Летняя академия», в котором приняли участие студенты трех стран: лесного факультета Белостокского политехнического университета (Республика Польша), Университета устойчивого развития г. Эберсвальде (Федеративная Республика Германия) и лесохозяйственного факультета УО «Белорусский государственный технологический университет» (Республика Беларусь). Проведение Летней академии осуществлялось в три этапа на территории национальных парков, являвшихся партнерами реализуемого международного проекта. В 2013 г. первый этап проводился на базе Беловежского национального парка (Республика Польша), в 2014 г. – в национальном парке «Беловежская пуша» (Республика Беларусь) и в 2015 г. – в национальном парке «Нижняя долина Одера» (Федеративная Республика Германия). В каждом этапе принимали участие по 10 студентов от каждого университета-партнера, таким образом, за три года осуществления проекта в его работе приняли участие 90 студентов, а также сотрудники университетов и национальных парков.

Проведению Летней академии предшествовала большая предварительная работа: была определена концепция проекта, явившаяся основой для разработки Меморандум о взаимопонимании, подписанного всеми шестью партнерами, после чего подана заявка и получен грант на осуществление проекта «Летняя академия». Финансирование проекта осуществлялось за счет средств Немецкого федерального фонда охраны окружающей среды (DBU). В ноябре 2012 г. состоялась международная конференция в национальном парке «Нижняя долина Одера» (Федеративная Республика Германия), на которой обсуждались вопросы организации Летней академии и проведения ее первого этапа в 2013 г.

Программа каждого этапа Летней академии разбита на три модуля:

1) ознакомление с национальным парком, его историей, научными достижениями прошлого и настоящего;

2) ознакомление с культурными особенностями региона и значением национальных парков для его устойчивого развития;

3) выполнение студенческой научно-исследовательской работы в национальном парке и публичное ее представление и защита.

Определенные в качестве мест проведения этапов Летней академии национальные парки отличаются как структурой входящих в них природных экосистем, так и организацией хозяйственной деятельности. Выбор объекта проведения первого этапа Летней академии обусловлен уникальностью Беловежской пуши, которая представляет собой один из крупнейших лесных массивов равнинной Европы, сохранившийся до наших дней в относительно ненарушенном состоянии.

Нижняя долина Одера разделена немецко-польской границей и находится под трансграничной защитой национальных парков: «Нижняя долина Одера» и «Цедыня» в Польше и «Нижняя долина Одера» в Германии. Нижняя долина Одера в целом является частью европейской сети Natura 2000.

Работа Летней академии была построена таким образом, что студенты имели возможность в ходе живых экскурсий и лекций познакомиться с особенностями национальных парков, условиями формирования растительности, работой по сохранению и восстановлению экосистем.

Программа каждого этапа Летней академии включала в себя проведение исследований и подготовку отчета и презентаций по одной из пяти тем. Для выполнения этой части программы студенты были разбиты на группы по шесть человек, состоящие из равного количества представителей каждого университета-партнера. Каждой группе для изучения была предложена одна из следующих тем: экология флоры и фауны экосистем национального парка; экосистемный мониторинг – изучение динамики процессов; стейкхолдер-анализ различных заинтересованных сторон использования земель национального парка; социально-экономическая ситуация и отношение местного населения к национальному парку; стратегии управления особо охраняемыми природными территориями. По каждой теме были назначены модераторы из числа ведущих ученых из университетов - участников проекта.

Проведение Летней академии показало, что такие международные образовательные проекты очень хорошо воспринимаются студентами, которые активно и целеустремленно работают над своими темами практически все свободное от лекций и экскурсий время. Самостоятельный выбор методики выполнения работ, обсуждение на всех ее этапах в группе, состоящей из представителей разных университетов, имеющих различные подходы и точки зрения на интерпретацию полученных результатов – все это вместе значительно повысило уровень знаний студентов. Важной образовательной составляющей явилось и знакомство с организацией работы национальных парков в разных странах, а также деятельности частных и общественных организаций, связанных с национальными парками.

Накопленный значительный опыт по организации и проведению международного образовательного проекта «Летняя академия» может быть продолжен в будущем с привлечением партнеров из стран Прибалтики.

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ОТХОДОВ РЕЗИНЫ МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ДЕВУЛКАНИЗАЦИИ

В. Миронов¹, О. Озернов², И. Евменов²

¹Riga Technical University, Laboratory of Powder Materials,

e-mail: viktors.mironovs@gmail.com

²SIA Rubber Product,

e-mail: o.ozernov@rubber-products.net

Количество полимерных отходов постоянно растет, а процент их использования до сих пор мал. Они не подвергаются гниению, коррозии, поэтому проблема их утилизации носит, прежде всего, экологический характер. Среди таких отходов значительное место занимают утильные автомобильные шины и другие отходы резино-технических изделий (РТИ). В мире накоплены сотни миллионов тонн утильных шин. Чем больше усилий вкладывают производители шин в их качество, чем выше их физико-химические характеристики, тем сложнее задачи по утилизации. Только 20% утильных шин перерабатываются сегодня мировой индустрией. Задачи по их утилизации наиболее эффективно решаются в Китае, Тайланде, США, странах ЕС.

Существуют традиционные технологии утилизации шин, применение которых, наряду с решением экологических вопросов, решает в значительных объемах и вопросы получения вторичных ресурсов, новых материалов из УШ. Наибольший интерес представляют технологии девулканизации утильной резины, позволяющие вовлекать, полученные в результате этого процесса материалы, в состав новых смесей для получения качественных резиновых изделий. Широко известно, что изношенные шины могут быть источником дешёвого полимерного сырья при получении из них регенерата. Регенерат характеризуется способностью смешиваться с материалами маточных резиновых смесей и подвергаться повторной вулканизации. По структуре, составу и свойствам он подобен смесям, используемым для изготовления новых изделий. При регенерации происходит термическая деструкция связей серы, в результате чего их содержание в регенерате уменьшается.

Девулканизация - это процесс, в котором отходы вулканизированной резины преобразуются благодаря механической, тепловой и химической обработке до состояния, в котором они могут смешиваться, перерабатываться и вулканизироваться снова. Однако в процессе тепло-химической переработки под давлением и экструзивных процессов частично разрушаются поперечные химические связи сетки. Причём происходит деструкция не только серных связей, но и макромолекул каучука, что влечёт за собой микро-неоднородность конечного продукта – регенерата. Включение такого регенерата в новые смеси допускается не более 10%, в радиальных шинах - до 2%. В техническом законодательстве ряда стран регламентированы и более низкие цифры.

В настоящей работе рассмотрены особенности непрерывного химико-механического метода девулканизации крупной резиновой крошки и баффинга.

Метод включает такие стадии, как очистка крошки от кордов, смешивание её с химическим девулканизатором NGD[©] (Know-how компании SIA «Rubber Product», Рига, Латвия) и непосредственная переработка на специально адаптированной под процесс линии гладких вальцов. В результате получается новый материал NGR_Mass.[©] Температура процесса **40-75C⁰**. За счёт применения новой технологии при переработке происходит распад серных C-SiS-S(вулканизирующих) связей без нарушения структуры макромолекул каучука. Степень девулканизации – не менее **80%**. При содержании NGR M порядка **70%** масс., возможно получение резин с прочностью 12-14 МПа и удлинением не менее 300%.

По результатам экспериментальных исследований по получению NGDi NGRи их апробации в условиях опытного производства, компанией SIA «Rubber Product» был разработан и осуществлён (2013-2014гг.) проект предприятия по переработке сырья до 2500 тонн/год. Предприятие выполняет функции технологического полигона, а так же референц-предприятия на условиях полной самоокупаемости. Разработана линейка смесевых рецептур на базе NGR_M, удовлетворяющая самым современным требованиям к качеству РТИ.

Технологический и производственный опыт позволил компании SIA «Rubber Product» выйти на рынок инновационных предложений в области рециклинга отходов РТИ с проектами по созданию «под ключ» лицензионных предприятий полного цикла переработки, как целиковых шин, так и готовых резиновых смесей.

Источники дополнительной информации: www.rubber-products.net.

РОЛЬ КАФЕДРЫ ЮНЕСКО В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ ЧЕРЕЗ ПРОГРАММУ «БАЛТИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (BUP)»

Н.В. Гончарова

Международный государственный экологический институт

имени А.Д. Сахарова БГУ

e-mail: goncharova@iseu.by

ЮНЕСКО - уникальная международная организация, определяющая стратегию сотрудничества государств в области образования, науки, культуры и коммуникации. Благодаря своему высокому международному авторитету, она влияет на формирование государственной политики и осуществляет масштабные культурные, образовательные, информационные и научные программы [1].

Кафедра ЮНЕСКО «Environmental Science and Management», созданна в Международном государственном экологическом университете имени А. Д. Сахарова (сегодня Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова БГУ) в июне 1994 года с целью содействия в интеграции исследований, обучения и информации в области наук об окружающей среде и менеджмента [2,3].

Кафедра обеспечивает взаимодействие коллектива преподавателей, научных сотрудников и студентов МГЭИ им.А.Д.Сахарова БГУ с ведущими учебными и научными центрами мира и стран СНГ. ЮНЕСКО принимает активное участие в образовательном проекте «Балтийский университет» с момента ее создания. За период 1994 – 2014 гг около 100 студентов и преподавателей МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ сотрудничали в рамках университетской сети Балтийского региона, а обладателями сертификатов программы за это время стали 67 студентов МГЭИ. Только в 2013 году вручены дипломы программы «Балтийский университет» 20 студентам факультета мониторинга окружающей среды, изучившим учебные курсы по охране окружающей среды, экологическому менеджменту, истории и культуре в регионе Балтийского моря. Программа «Балтийский университет» – это учебные курсы как для базового, так и для магистерского уровня, направленные на устойчивое развитие региона. Среди них «Окружающая среда региона Балтийского моря», «Устойчивое развитие Балтийского региона», «Народы Балтики», «Устойчивый водный менеджмент в регионе Балтийского моря», «Системы экологического менеджмента», «Наука об окружающей среде», «Английский язык для науки об окружающей среде», «Устойчивое развитие поселений».

Командами преподавателей из университетов стран Балтийского региона (в состав команд входили и преподаватели МГЭИ им.А.Д.Сахарова БГУ) созданы учебники, видео и другие дидактические материалы, которыми затем пользуются все участники программы. Для преподавателей проводятся методические конференции, а также повышения квалификации или

переподготовки. Студентов приглашают на международные конференции, в летние обучающие лагеря, круизы по Балтийскому морю. После курсов студенты сдают тесты и экзамены и получают сертификат с присуждением соответствующего количества кредитных очков по Европейской схеме трансфера кредитов, о чем в Уппсальском университете производится соответствующая регистрация.

Кафедра ЮНЕСКО занимается координацией сотрудничества МГЭИ им.А.Д.Сахарова БГУ как с Уппсальским университетом, так и с другими университетами Балтийского региона, участвующими в программе. Что касается практического применения знаний, то координаторы программы «Балтийский университет» собираются реализовать проект по развитию на сельскохозяйственных предприятиях установок по производству биогаза. Вместе с Министерством сельского хозяйства планируется проведение обучающего семинара в Минске, а также изучение опыта работы таких установок нашими специалистами на предприятиях в Швеции. Также в планах организация образовательных проектов по совершенствованию работы с отходами, городскому планированию, производству биотоплива.

Литература

1. Гончарова Н.В. Реализация стратегий ЮНЕСКО на вторую половину декады образования для устойчивого развития в МГЭУ им. А. Д.Сахарова /Н.В.Гончарова//Образование, общество, технологии, экономика, экология тезисы докладов Европейского семинара Беларусь, Минск, 16-19 марта 2011/ Минск ГИ УСТ БГУ 2011. С. 178-181
2. Goncharova N., Main principles, means and mechanisms of establishing sustainable development strategies in Belarus. UNESCO Interregional Engineering Conference in Technology and Education – Global Benchmarking and Monitoring. 8-10 December 2011, Krakow, Poland, *UCTE 2011 Proceedings*, Session: S2a-04
3. Goncharova N., BELARUS - country and potential. UNESCO Interregional Engineering Conference in Technology and Education – Global Benchmarking and Monitoring. 8-10 December 2011, Krakow, Poland, *UCTE 2011 Proceedings*, Session: S1a-08

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТА AQUABEST (АКВАБЕСТ)

Н.В. Барулин

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Устойчивое и сбалансированное развитие РБМ является важной задачей не только для самого региона, но и для всего ЕС. В целях обеспечения позитивного развития региона, ЕС подготовил и выпустил в 2009 году свою первую макрорегиональную стратегию для региона Балтийского моря.

Аквакультура является самым быстрорастущим сектором производства продуктов питания в течении последних двух десятилетий и во многом является следствием неспособности удовлетворить растущий спрос на рыбную продукцию естественных природных запасов. К сожалению, в отличии от мировой тенденции, развитие аквакультуры в РБМ прекратилось. Общеизвестно, что аквакультура обладает большим потенциалом для удовлетворения потребностей в продовольствии растущего населения Земли, однако новое производство должно быть построено на устойчивых технологиях и инновациях.

Европейский Союз принял аквакультуру в качестве флагманского направления в стратегии ЕС по развитию региона Балтийского моря. Программа РБМ 2007 – 2013 финансировала проекты, способствующие реализации стратегии ЕС в области развития этого региона.

Аквабест – первый региональный консорциум государств Балтийского региона, куда входили государственные организации, производственные организации, учебные заведения и потребители с тем, чтобы разработать общую стратегию производства устойчивой аквакультуры в регионе. Аквабест разрабатывал инновационные подходы в практике и технологии, опробировал и представил их стратегию развития.

Возможности и потребности аквакультуры в регионе Балтийского моря были определены в стратегии ЕС для региона Балтийского моря, которая включала в себя флагманский проект BESTAQ, направленный на поощрение методов устойчивого развития аквакультуры. Финляндия была назначена в качестве ведущей страны проекта. Первоначальное финансирование работ было получено от фондов разных стран и Совета министров Северных стран. Благодаря многонациональной команде проекта, Министерство сельского и лесного хозяйства Финляндии было назначено ответственным за координацию проекта BESTAQ, а научно-исследовательский институт охоты и рыболовства Финляндии - за его реализацию. Региональный форум рыбохозяйственных органов BALTIFISH в регионе Балтийского моря выступил в качестве руководящей группы проекта.

Ключевой задачей проекта BESTAQ стало выявление проблемных мест в развитии аквакультуры, а также определение политико-стратегического развития с целью определения Кодекса поведения.

Проводя обширное исследование, BESTAQ определил отношение к аквакультуре, ее проблемные места и возможности для развития. Результаты показали, что различные страны испытывали аналогичные проблемы. Во всех странах, большинство респондентов рассматривало общий кодекс поведения в качестве необходимости.

Результаты опроса оказались в пользу создания кодекса поведения и заложили прочную основу в определение его содержания.

Проект BESTAQ подготовил предложения по правилам, которые были обсуждены на семинаре с заинтересованными группами в конце 2011 года. На основании полученных отзывов, предложения были доработаны и представлены на рассмотрение форума BALTFISH в начале 2012 года. После этого работа была завершена, проект BESTAQ был окончен в конце 2011 года. 26 января 2012 года, форум BALTFISH обсудил предложения к кодексу поведения и утвердил его, внося незначительные изменения.

Основываясь на собственных ресурсах и короткой продолжительности, проект BESTAQ послужил катализатором, определяющим контуры развития отрасли и предлагающим меры по реализации соответствующих изменений. С целью выполнения последующих работ, команда BESTAQ подготовила проект Аквабест, который финансировался Программой РБМ 2007-2013.

Целью проекта Аквабест являлось создание новых методов и технологий устойчивого развития аквакультуры в регионе Балтийского моря.

Задачи проекта Аквабест:

1. проект был призван продемонстрировать, что регион Балтийского моря способен стать базой для ведения аквакультуры и производства продуктов питания. Это было достигнуто в результате разработки теоретических и практических основ замены кормового белка, добываемого из океанических гидробионтов, на местные кормовые ресурсы, в т.ч. с использованием биотехнологии;

2. используя опыт управления морским рыбоводством и рыболовством, был направлен на создание новых, адаптированных к конкретным условиям, экологических, экономических и технологических моделей ведения пресноводной аквакультуры;

3. новые технологии рециркуляции и замкнутого водоснабжения, которые были созданы в Дании и с успехом используются во многих странах Европы, должны быть доступны и для других регионов. Поэтому проект был направлен на страны с молодым, но развивающимся и перспективным сельским хозяйством (например, Республика Беларусь), для мониторинга действующих систем, моделей и форм ведения аквакультуры, исследования теоретических и практических основ повышения эффективности аквакультуры, передачи, адаптации и внедрения новых технологий в области замкнутого водоснабжения.

Партнеры проекта:

Проект Аквабест реализовывали 14 научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений из 8 стран (рис. 1).

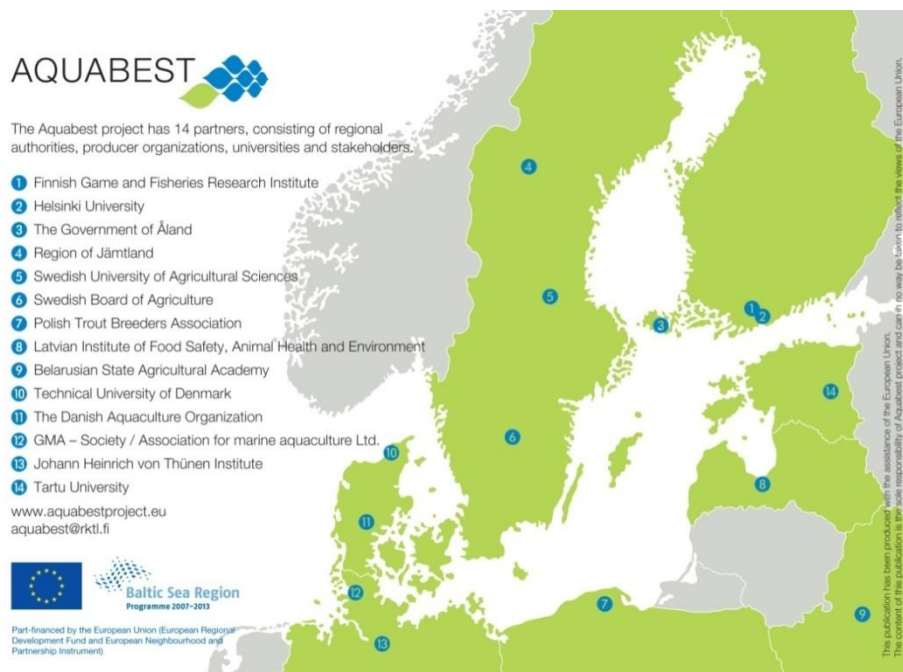


Рис. 1. Карта партнеров проекта Аквабест

Главным координатором проекта являлся Финский научно-исследовательский институт охоты и рыболовства. Исполнителем на территории Республики Беларусь являлось УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

В рамках проекта Аквабест работали следующие основные рабочие группы:

1. «Коммуникация и информация» - данная рабочая группа различными способами (созданием веб-сайтов, рекламные буклеты, газетные и журнальные статьи и др.) занималась подготовкой и распространением информации по аквакультуре и доведением данной информации до общественности РБМ.

2. «Нормативно-правовая база по экологии и аквакультуре в РБМ» - данная рабочая группа занималась оценкой регионального экологического законодательства и лицензионной системы по аквакультуре, а также разрабатывала предложение по их совершенствованию.

3. «Территориальное планирование» - данная рабочая группа занималась разработкой рекомендаций по территориальному планированию в области морской аквакультуры.

4. «Корма и технологии кормления рыбы в РБМ» - данная рабочая группа занималась разработкой рекомендаций по кормам и технологии кормления рыбы в РБМ.

5. «Инновационные концепции рыбных ферм» - данная рабочая группа занималась разработкой рекомендаций по внедрению датских технологий замкнутого водоснабжения в странах с развивающимся сельским хозяйством.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАЗРАБОТКИ,
ПРОЕКТЫ В ОБЛАСТИ БИМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ИНСТИТУТА БИОХИМИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ НАН БЕЛАРУСИ**

Л.И. Надольник

Институт биохимии биологически активных соединений

НАН Беларуси

lnadolnik@tut.by

Основные направления исследований и разработок Института биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси сосредоточены в области биомедицинской химии, фармакологии, биотехнологии. Наиболее значимые достижения можно отметить в области изучения механизмов развития социально значимых заболеваний человека: патология печени и ассоциированные с ней внепечёночные заболевания (атеросклероз, диабет, метаболический синдром, ожирение), нейродегенеративные заболевания, нарушения функции нейро-эндокринной (щитовидная железа, надпочечниковые железы) и сердечно-сосудистой систем, а также развитие алкогольной зависимости, нарушение обеспеченности организма важнейшими микронутриентами (витамины, минералы).

Сотрудниками института сформулирована теория витаминно-гормональных взаимоотношений, которая позволяет объяснить метаболическую активность вводимых витаминов вне терминов традиционного механизма, т.е. без привлечения коферментной гипотезы. Концептуально она реализована в новой стратегии витаминпрофилактики и витаминотерапии хирургического стресса, синдрома отмены гормональной терапии, стрессорных кардиопатий, сепсиса, осложненных родов, инфаркта миокарда, оптимизации лечебного эффекта β -адреноблокаторов и нитрозосоединений. Выявлен антиоксидантный механизм действия тиамин, который обосновывает создание на основе его окисленных форм лекарственных средств для предупреждения и коррекции вазо- и нейродегенеративных повреждений при патологиях сопряженных с окислительным стрессом. Изучается метаболизм, биохимических функций и возможностей практического применения производных витамина В₁ в медицине; молекулярная идентификация ферментов, осуществляющих гидролиз тиаминмонофосфата, тиаминтрифосфата и аденозин-тиаминтрифосфата в различных филогенетических линиях, выяснение роли витамина В₁ в механизмах краткосрочной адаптации, регуляции и координации функций органов и систем организма.

Выполненные исследования экспрессии генов и расшифровка биохимических механизмов развития тиреопатологии на молекулярном уровне (очищенные до гомогенного состояния ферментные белки), клеточном уровне (культура ткани щитовидной железы) и организменном уровне (воспроизведение заболеваний щитовидной железы в эксперименте на животных) позволили создать новые диагностические технологии, а также разработать витаминные, витаминно-аминокислотные и витаминно-минеральные комплексы для профилактики послеоперационного и эндемического гипотиреоза.

В обширных исследованиях выявлены новые патогенетические эффекты хронического психоэмоционального стресса. Установлено, что следствием хронического стресса является нарушение структуры, процессов деления и функциональной активности митохондрий мозга у крыс,

В институте проводится разработка и доклинические исследования новых лекарственных средств, включая изучение физико-химических свойств и биологической активности комплексов фармакологических субстанций с наночастицами; разработка технологий нейропротекции при ишемическом и нейродегенеративном поражении ЦНС; исследования системы биосинтеза КоА и глутатиона и его редокс-состояния при нарушении редокс-баланса клеточных и тканевых систем при окислительном стрессе и различных физиологических состояниях организма и патологических процессах. Разработаны технологии получения готовых лекарственных форм и проведены доклинические испытания лекарственных средств для коррекции социально значимых заболеваний – противоишемических (Арниацин) и противодиабетических (Нейровазотропин).

Проводится поиск и разработка новых биохимических маркеров алкоголизма и злоупотребления алкоголем, изучение и разработка новых методов профилактики и лечения зависимости от алкоголя, а также поиск и обоснование применения новых гепато- и нейропротекторов при алкогольной интоксикации.

Важнейшее направление практической деятельности - разработка методов выделения биологически активных соединений растительного происхождения с применением технологии сверхкритических флюидов.

Литература

1. Виноградов В.В. Некоферментная витаминология. Гродно. 2000. – 535 с.
2. Nadolnik L. Role of glucocorticoids in regulation of iodine metabolism in thyroid gland: effect of hyper- and hypocorticism / L. Nadolnik // Glucocorticoids – new recognition of our familiar friend/ Editors: Edited by Xiaoxiao Qian – InTech, ISBN 980-953-307-128-6., 2012 – Chapter 12 – P. 265–303.

3. Buko V, Belonovskaya E, Naruta E, Lukivskaya O, Kanyuka O, Zhuk O, Kranc R, Stoika R, Sybirna N. Pituitary tumor transforming gene as a novel regulatory factor of liver fibrosis. *Life Sciences*, 2015, doi:10.1016/j.lfs.2015.04.010.
4. Buko VU, Lukivskaya OY, Naruta EE, Belonovskaya EB, Tauschel H-D. Protective effects of norursodeoxycholic acid versus ursodeoxycholic acid on thioacetamide-induced rat liver fibrosis. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*, 2014, 4: 293-301.
5. Zverinsky I.V., Melnichenko N.G., Poplavsky V.A., Sutsko I.P., Telegin P.G., Shlyahun A.G. The effect of berberine administration to rats on the functional state of liver after common bile duct ligation // *Biochemistry (Moscow) Supplement series B: Biomedical Chemistry* 2012. Vol.6. N2 P.161-165.

РАЗРАБОТКА АНАЛИЗАТОРА ВИБРАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АНВЧ-01 ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

¹Т.М. Рыбина, ²В.Г. Щербицкий, ¹Т.К. Данилова, ¹О.Ф. Кардаш,
¹Т.М. Сушинская, ¹И.А. Кураш, ¹А.Л. Рыбина, ¹О.В. Цуканова
¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический
центр гигиены»
²ООО «Белинтелмед»
e-mail: rspch@rspch.by

Создание и применение в клинической и профилактической медицине инновационных научно-технических методов, способов и средств диагностики дает возможность своевременному применению лечебных и профилактических мер, что обеспечит снижение заболеваемости работников.

Созданный анализатор вибрационной чувствительности АНВЧ-01 (далее - анализатор АНВЧ-01) предназначен для оценки порогов вибрационной чувствительности дистальных отделов конечностей человека путем создания локальных виброколебаний различной интенсивности в широком диапазоне частот и регистрации минимальных ощущаемых из них. Ход исследования отображается на дисплее ПЭВМ, результаты исследования сохраняются в энергонезависимой памяти, возможно проведение сравнения с заложенными в памяти нормативами и предыдущими персонифицированными исследованиями.

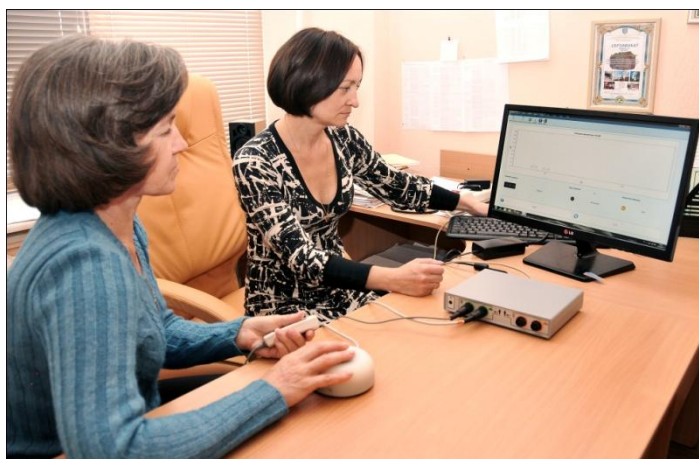
Прибор прошел в установленном порядке санитарно-гигиеническую экспертизу, приемочные технические и клинические испытания, зарегистрирован Министерством здравоохранения Республики Беларусь (регистрационный номер № МТ-7.116008-1405, дата государственной регистрации 28.05.2015) и разрешен к производству, реализации и медицинскому применению на территории Республики Беларусь.

Функциональные возможности анализатора АНВЧ-01 позволяют осуществлять медицинскую диагностику в соответствии с утвержденными протоколами диагностики и лечения Министерства здравоохранения Республики Беларусь. Преимуществами прибора является наличие в одном базовом блоке двух независимых каналов-вибраторов, что позволяет проводить исследования одновременно двум пациентам и таким образом увеличивает в 2 раза пропускную способность. Диапазон частот 3,15-500 Гц (значения фиксированных частот могут задаваться пользователем) дает возможность определять нарушения виброчувствительности на ранних стадиях ее развития. Продолжительность рабочего цикла для одного пациента составляет не более 7 минут, время непрерывной работы прибора - не менее 8 часов. К техническим достоинствам прибора можно отнести наличие функции «скрининг» для ускоренного исследования, демонстрационно-тестовый режим, возможность имитации вибронагрузки, а также контроля усилия прижима фаланги к

вибратору для получения стабильных результатов измерений. Немаловажным преимуществом перед зарубежными аналогами является обеспечение сервисной поддержки и сравнительно низкая стоимость прибора.

Широкое внедрение разработки в практическое здравоохранение республики должно обеспечить существенное улучшение качества медицинской помощи за счет ранней диагностики нарушения здоровья работников, занятых в условиях воздействия производственной вибрации, также объективизировать профессиональный отбор в виброопасные профессии; оценить эффективность лечебных мероприятий для пациентов с вибрационной болезнью и/или поражением периферической нервной системы различного генеза. Ожидаемый экономический эффект будет достигнут за счет предотвращения прямого экономического ущерба (снижение затрат на лечение, выплат пособий и пенсий по инвалидности и др.) и опосредованного экономического ущерба (потери от снижения производительности труда вследствие функциональных нарушений, уменьшения трудового долголетия вследствие болезни и др.).

Анализатор АНВЧ-01 был успешно использован в ряде организаций практического здравоохранения республики (филиале ОАО «МТЗ» «Медицинский центр - МТЗ», Медико-санитарной части ОАО «Минский автомобильный завод Управляющей компании холдинга «БЕЛАВТОМАЗ», УЗ «10-я городская клиническая больница» г. Минска). Проведенные республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» исследования с использованием прибора позволили разработать критерии ранней диагностики и риска развития профессиональных заболеваний. С помощью данного исследования могут быть сформированы группы риска для проведения профилактических мероприятий у работников, подвергающихся воздействию производственного вибрационного фактора.



Анализатор АНВЧ-01 получил высокую оценку на биржах деловых контактов «Ярмарка инновационных разработок» (25.09.2014, 11.12.2014, г. Минск), включен в Каталоги инновационных разработок «Инновации в приборостроении и электронной промышленности» и «Инновационные

технологии в медицинской технике», изданные Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь и Белорусским институтом системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы, Минск, 2014.

Учитывая технические преимущества прибора, его относительно невысокую стоимость, есть основания предполагать значительный спрос на него за рубежом.

Область применения анализатора АНВЧ-01: профпатология, функциональная диагностика, терапия, эндокринология, неврология, экспертиза.

Сотрудничество может осуществляться по следующим направлениям:

- консультативно-методическая помощь по использованию прибора;
- изготовление по заказам единичных изделий и малых партий;
- реализация по конкурентным ценам готовой продукции;
- поставка, установка и обучение пользованию;
- совместные исследования в области профилактической медицины и профпатологии.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РАКА ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА РАННЕЙ СТАДИИ

*Е. Тамулене, Р. Вайшнорас**

Вильнюсский университет, Институт теоретической физики и астрономии

**Литовский эдукологический университет*

Наноалмазы - одна из аллотропных форм углерода - отличаются от других полупроводниковых материалов тем, что они могут быть использованы при высоких температурах и в условиях ускоряющих коррозию [1]. Это материалы, которые из-за их исключительных механических и оптических свойств, можно легко использовать в электронике, биоанализе, биомедицине и так далее. Однако, наноалмазы, произведенные с помощью детонации, диамагнетики, что ограничивает их широкое использование [2]. Недавно были синтезированы наноалмазы, поверхность которых покрыта атомами водорода. Такие наноалмазы называют наноалмазоидами (*nanodiamondoid*). Они имеют определенную структуру, термостабильны, твердые и имеют исключительные электронные свойства [3]. Еще одним важным шагом в улучшении свойств наноалмазов а также наноалмазоидов, является синтез этих материалов с дефектами или же с полимерными соединениями. Один из дефектов наноалмазов - это внедрение в структуру атомов азота. Последние теоретические исследования показали, что положение дефекта (атома азота) не влияет на термическую стабильность, но влияет на химическую стабильность наноалмазоидов [4]. В настоящее время мы выполняем теоретические исследования магнитных свойств наноалмазов с целью выявления причин, по которым указанные характеристики могут измениться. Исследования, проведены применяя функционал плотности B3LYP / 6-311G.

На основании предыдущих исследований был смоделирован наноалмазоид, состоящий более чем из трех примитивных решеток алмаза. В этой структуре один из атомов углерода был заменен атомом азота. Таким образом, было изготовлено 19 различных структур. Наиболее стабильная структура приведена на рис 1. Также была рассчитана магнитная чувствительность исследуемых структур и установлено, что дефект существенно не влияет на магнитные свойства этих материалов. Эти исследования также показали, что исследуемые наноалмазоиды с дефектами - диамагнетики. Вероятно, что неподеленная пара электронов азота локализована на вакансии, возникающей из-за того, что атом углерода заменен атомом азота, и поэтому, непарных носителей заряда в наноалмазоидах с дефектами нет.

Эти результаты противоречат экспериментальным измерениям, выполненным в магнитных и электрических полях. По этой причине было сделано предположение, что магнитные свойства наноалмазоидов проявляются только в электрических и магнитных полях.

Полученная зависимость магнитной восприимчивости от напряженности электрического поля приведены на рис 2.

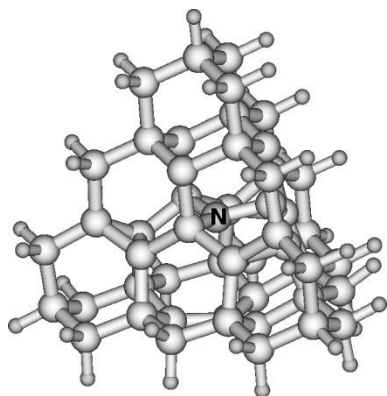


Рис.1. Наиболее стабильная структура наноалмазоноидов с дефектами

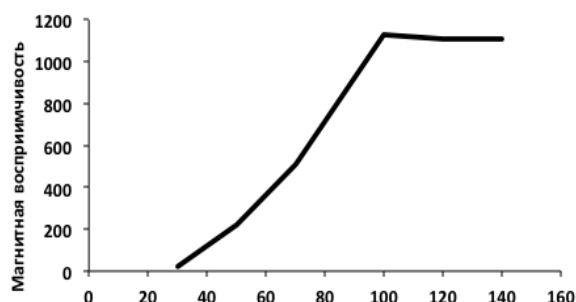


Рис.2 Зависимость магнитной восприимчивости от напряженности электрического поля.

Примечательно, что даже в слабых электрических полях исследуемые наноалмазоноиды с дефектами - парамагнетики. Очевидно, что существует определенная напряженность электрического поля, при которой магнитная восприимчивость наноалмазоноидов с дефектами достигает максимального значения, и не изменяется при увеличении напряженности электрического поля. Это свойство наноалмазоноидов можно использовать при обнаружении труднодоступных раковых опухолей.

Литература

- [1] S. Han, L.S. Pan and D. R. Kania, Free carrier dynamics in diamond Diamond: Electronic Properties and Applications, ed. L S Pan and D R Kania (Kluwer International Series in Engineering and Computer Science) pp 241–78 (1995)
- [2] N.R. Greiner, D.S. Phillips, J. D. Johnson, F. Volk, Nature 333, 440 (1988).
- [3] D.V. Korolkov, O.V. Sizova Int. J. Quantum Chem., 88 , 606 (2002).
- [4] A. Šliogeris, J. Tamulienė, R. Vaišnoras. Mat. Phys. Mech. 12, 2, 186 (2011).

СИНТЕЗ, МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

А.В. Рогачев, М.А. Ярмоленко, А.А. Рогачев, Д.В. Тапальский
Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины»
rogachev78@mail.ru

Инфекция искусственных суставов, сосудов и других имплантатов при их введении в живой организм остается главной проблемой в современной медицине. Бактериальная адгезия к полимерной поверхности и последующая колонизация являются первичными важными стадиями в развитии инфекции. Подавление инфекций может осуществляться системно или местно подходящими лекарственными веществами (антибактериальными препаратами). Однако системное применение антибактериальных препаратов осложнено рядом проблем. Чтобы системно обеспечить эффективную концентрацию антибактериальных препаратов, требуются относительно высокие их дозы. Для достижения бактерицидного эффекта на микроорганизмы в составе биопленок требуются концентрации антибактериальных препаратов в 500-5000 раз превышающие минимальные ингибирующие концентрации для конкретных микроорганизмов, рассчитанные *in vitro*. Это является затруднительным и чаще всего требует удаления медицинского изделия. Инфекционные послеоперационные осложнения могут явиться причиной как резкого ухудшения самочувствия пациента, так, в ряде случаев, причиной его смерти.

Целью исследований являлись поиск и разработка технических решений, направленных на подавление инфекции, возникающей в связи с использованием медицинских изделий, путем электронно-лучевого формирования нанокomпозиционных покрытий на основе ципрофлоксацина и наночастиц металлов на поверхности изделия, имплантируемого в организм [1 – 4].

Определены оптимальные режимы электронно-лучевого формирования антибактериальных покрытий, в которых в качестве полимерной матрицы выступает полиуретан, биосовместимый и биodeградируемый полилактид, а в качестве биоцидных компонентов – ципрофлоксацин, наночастицы серебра и меди. Полимерная матрица предохраняет наночастицы от взаимодействия с окружающей средой, что неизбежно бы сопровождалось снижением антибактериальной активности металла.

Установлены оптимальные конструкции композиционных слоев в зависимости от назначения имплантата. В качестве материала покрытия элементов аппарата Иллизарова предложено использовать композиционные слои в состав которых входят полиуретан, полилактид, ципрофлоксацин и наночастицы серебра.

Установлены кинетические зависимости высвобождения из осаждаемых покрытий лекарственных компонентов: ципрофлоксацина и наночастиц серебра [4]. Показано, что композиционные покрытия на основе полилактида, содержащие наночастицы серебра, характеризуются экспоненциальным характером вымывания компонентов покрытия. Скорость высвобождения серебра определяется гидрофобными и гидрофильными свойствами полимерной матрицы. Показано, что высокую постоянную скорость высвобождения ципрофлоксацина возможно достигнуть при использовании биodeградируемого полилактида. Снизить скорость высвобождения лекарственного препарата можно как путем изменения доли полилактида в покрытии, так и физическими методами, например, путем предварительной обработки поверхности подложки в плазме тлеющего разряда.

Антибактериальные исследования выявили высокую антимикробную активность осаждаемых покрытий в отношении широкой номенклатуры патогенных микроорганизмов, в частности *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* и грибоустойчивость в отношении *Candida albicans* [2].

На основании результатов выполненных исследований сделано заключение о том, что образцы медицинских перевязочных материалов с нанесенным антибактериальным покрытием на основе наночастиц серебра, по изученным санитарно-химическим, органолептическим, и токсикологическим показателям полностью соответствуют требованиям действующих НПА (СанПиН 1.1.12-30-2006, Инструкция 1.1.10-12-41-2006).

Проведенные клинические испытания показали перспективность использования покрытий для модифицирования имплантатов, в частности, элементов аппарата Илизарова.

Литература

1. М.А. Yarmolenko Biocompatible antibacterial polymer coatings with ciprofloxacin extended release / М.А. Yarmolenko, D.V. Tapal'skiĭ, A.V. Rogachev, A.A. Rogachev, A.I. Kozlova // *Antibiot Khimioter.* 2007;52(11-12):3-7.
2. Tapalski D. Antimicrobial effect of coatings containing silver nanoparticles against multiresistant microorganisms / D. Tapalski D, A. Kazlova, T. Petrovskaya, M. Yarmolenko, A. Rogachev // *European Journal of Medical Research.* – 2009. – Vol. 14. – Suppl. 2. – P. 145.
3. D. Tapalski D, Kazlova A., Yarmolenko M. Antibacterial activity of biocompatible polymer coating with ciprofloxacin extended release // *European Journal of Medical Research.* – 2009. – Vol. 14. – Suppl. 2. – P. 58.
4. Heat treatment impact on molecular structure of polymer-based silver containing coatings deposited from the active gas phase / A.A. Rogachev, M.A. Yarmolenko, Xiaohong Jiang, A.V. Rogachev, Ruiqi Shen, Zhou Yingjie // *Progress in Organic Coatings.* – 2015. – V.81. – P 80 – 86.

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРОНИКА, РОБОТОТЕХНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ БЕЛАРУСИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.В.Тузиков, А.Г. Гривачевский

Объединенный институт проблем информатики

Национальной академии наук Беларуси

tuzikov@newman.bas-net.by, griva@newman.bas-net.by

Развитие информационного общества является одним из национальных приоритетов Республики Беларусь и рассматривается как общенациональная задача, требующая координации и объединения усилий государства, бизнеса и гражданского общества. При этом информационным технологиям и системам отводится роль необходимого инструмента социально-экономического прогресса, одного из ключевых факторов инновационного развития экономики.

Формирование и развитие информационного общества в Республике Беларусь обеспечивается наличием квалифицированных специалистов, высокого научного потенциала, системы государственной поддержки разработки информационных технологий и систем, как для промышленных предприятий, так и государственных учреждений. Такая поддержка была реализована в течение 2011-2015 годов в виде государственной научно-технической программы «Разработка и внедрение в отраслях экономики передовых технологий создания информационно-аналитических и информационно-коммуникационных систем» (ГНТП «Информационные технологии»).

ГНТП «Информационные технологии» ориентирована на выполнение задач по созданию и внедрению технологий и систем идентификации, логистических технологий, товаропроводящих сетей; наукоемких информационных технологий и систем автоматизированного проектирования, технологий инженерного анализа с использованием суперкомпьютерных высокопроизводительных систем в промышленности; информационно-аналитических систем в государственном управлении; наукоемких информационных технологий и систем в медицине.

Информационные технологии в промышленности охватывающие, прежде всего, интеллектуальные процессы инжиниринга и управления производственной деятельностью предприятия, способствуют получению новых образцов изделий с более высокими потребительскими свойствами и позволяют в значительной мере решать проблемы повышения качества изделий и энергоресурсосбережения.

Для большинства промышленных предприятий первостепенной задачей является внедрение современных средств компьютерного проектирования и подготовки производства новых изделий, электронного документооборота, планирование и позаказный учет на производстве.

В рамках ГНТП «Информационные технологии» в частности реализованы такие интересные проекты как:

- суперкомпьютерная технология моделирования термодинамических и динамических процессов в цилиндрах перспективных дизельных двигателей ОАО «ММЗ», которая обеспечивает выпуск двигателей, отвечающих современным требованиям по экологии Euro 4 и Euro 5;

- компьютерная технология моделирования воздушных потоков внутри проточных частей МСУ зерноуборочного комбайна при перемещении зерна и загрузки зернового бункера, направленная на совершенствование конструкции молотильно-сепарирующего устройства комбайна, эффективность работы которого определяет общую производительность уборки, а также потери и повреждения зерна при обмолоте;

- технология конструктивно-технологического проектирования и суперкомпьютерного анализа конструкций корпусов универсальных бронированных транспортных средств, обеспечивающих необходимые уровни защиты экипажей для ОАО «Завод колесных тягачей».

Общие приоритетные направления развития электронного здравоохранения в настоящее время заключаются в информационной поддержке задач качественного медицинского обслуживания населения, создании новых компьютерных технологий профилактики и лечебно-диагностических процессов, информационном обеспечении оценки состояния здоровья населения. Главными при выполнении работ были задачи внедрения наукоемких технологий мониторинга состояния здоровья населения и факторов окружающей среды, внедрение наукоемких методов, алгоритмов и технологий интеллектуального анализа молекулярно-генетических, клинических и лабораторных данных с созданием информационно-аналитических систем на их основе и систем поддержки принятия решений для профилактики заболеваний, диагностики и определения лечебной тактики.

Так внедрение автоматизированной информационной системы лабораторной службы по одному из заданий обеспечивает многократное сокращение сроков обмена данными и результатами лабораторных исследований в рамках региональной системы здравоохранения.

Разработанная система поддержки принятия решений для дифференциальной иммунофенотипической диагностики лейкозов и лимфом обеспечивает сокращение затрат на лечение осложнений и симптоматики за счет индивидуализации лечения до 5000 долларов на пациента в год.

На предприятиях Республики Беларусь внедрено более 25 программно-методических комплексов. Полученные научные и практические результаты демонстрировались на международных выставках и конференциях.

Для выполнения заданий Программы привлекались ведущие организации РБ в области информационных технологий - ОИПИ НАН Беларуси (головная организация-исполнитель), НИРУП «Центр систем идентификации», БГУИР, УП «Центр информационных ресурсов и коммуникаций» и др.

О НАПРАВЛЕНИЯХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НИИ ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ В ОБЛАСТИ ИКТ

Ю.С. Харин, Е.Н. Мельникова
Белорусский государственный университет,
НИИ прикладных проблем математики и информатики
Kharin@bsu.by, MelnikovaEN@bsu.by
<http://apmi.bsu.by>

Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики и информатики (НИИ ППМИ) является учреждением Белорусского государственного университета.

Наиболее важные направления деятельности НИИ ППМИ:

- Прикладные и фундаментальные исследования в области компьютерного анализа данных (включая многомерный анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ, анализ временных рядов, прогнозирование, data mining);
- Разработка математического и программного обеспечения в области робастного (устойчивого к искажениям модельных предположений) статистического анализа многомерных данных и временных рядов;
- Проведение фундаментальных и прикладных исследований в области математического моделирования физических процессов (моделирование кинетики электронных и атомных процессов в конденсированных средах, моделирование процессов взаимодействия излучения с твердым телом, моделирование элементов квантовых устройств информатики);
- Разработка математического и программного обеспечения медицинской и технической диагностики;
- Статистический анализ генетических последовательностей;
- Разработка алгоритмического и программного обеспечения в области защиты информации.

В структуру НИИ ППМИ входит 6 научно-исследовательских лабораторий.

Научные сотрудники Института имеют значительный опыт в области разработки методов и программного обеспечения компьютерного анализа данных. В рамках научной, научно-производственной кооперации и международного сотрудничества можно отметить участие института в Европейских исследованиях и академических проектах, финансируемых Программами INTAS, TEMPUS, REAP; выполнение Международных контрактов с компьютерными фирмами из Южной Кореи, Российской Федерации и Казахстана; участие в международной коллаборации RD50 Collaboration; проведение научно-исследовательских работ в интересах

государственных и коммерческих предприятий и организаций Республики Беларусь, например, Национального Банка Республики Беларусь, ОАО «МАЗ», РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова.

С 2009 года НИИ ППМИ успешно сотрудничает с Институтом математики и информатики Вильнюсского университета. В рамках Договора о сотрудничестве 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 рамках Программы сотрудничества между Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь и Министерством образования и науки Литовской Республики в области науки и технологий в 2011-2012 г.г. в Институте 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 полупроводни-ковых приборов, обладающих повышенной радиационной стойкостью.

Научными сотрудниками НИИ ППМИ получены важные научные результаты как в области фундаментальных, так и в области прикладных научных исследований. Наиболее значимые для реального сектора экономики Республики Беларусь научные результаты получены в следующих трех направлениях.

Первое из них связано с информационной безопасностью и защитой информации. Это направление является одним из важнейших в научной, научно-технической и инновационной деятельности Института. В НИИ ППМИ разработаны: блочная криптосистема *BelT* (алгоритмы шифрования, имитозащиты и хэширования на ее основе); алгоритмы электронной цифровой подписи (ЭЦП) *Sign* (поддерживаются идентификационная подпись и детерминированная выработка подписи); система Национальных стандартов в области информационных технологий и безопасности: *СТБ 34.101.27*, *СТБ 34.101.31*, *СТБ 34.101.45*, *СТБ 34.101.60*, *СТБ 34.101.66*; линейка национальных стандартов обеспечения информационной безопасности банков Республики Беларусь (*СТБ 34.101.41*, *СТБ 34.101.42*, *СТБ 34.101.61*, *СТБ 34.101.62*, *СТБ 34.101.68*).

Второе направление прикладных научных исследований связано с разработкой математического и программного обеспечения медицинской диагностики. НИИ ППМИ на протяжении ряда лет активно сотрудничает с Республиканским научно-практическим центром онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова и Республиканским научно-практическим центром детской онкологии, гематологии и иммунологии. В рамках этого сотрудничества разработаны:

- робастные методы дискриминантного анализа и программное обеспечение для диагностики злокачественных новообразований на основе биохимических показателей крови, позволяющие увеличить точность диагностики по сравнению с классическими решающими правилами;

- методы, алгоритмы и программное обеспечение 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.

Третье направление связано с разработкой математического и программного обеспечения технической диагностики. В рамках этого направления следует отметить результаты сотрудничества с ОАО «Минский автомобильный завод» и БелНИИТ «Транстехника». Сотрудниками НИИ ППМИ разработаны методы, алгоритмы и программное обеспечение расчета технико-экономических показателей надежности автомобилей МАЗ в зависимости от пробега и норм расхода запасных частей с учетом классификации отказов.

В Институте активно действует научная школа в области математического моделирования сложных систем, процессов защиты информации и компьютерного анализа данных, основанная чл.-корр. НАН Беларуси, доктором физико-математических наук, профессором Ю. С. Хариным.

НИИ ППМИ является постоянным организатором Международной научной конференции «Computer Data Analysis and Modeling» (CDAM-2001, 2004, 2007, 2010). В 2013 году проведена юбилейная X конференция, в работе которой приняли участие более 200 исследователей, представлявших 20 стран; в сентябре 2016 года запланировано проведение очередной конференции совместно с Венским университетом технологий, Вильнюсским университетом, в которой примут участие ученые Литвы, Латвии, Эстонии и других стран.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

*А.М. Боровик, М.С. Зеленина, О.А. Козлова,
И.Ю. Ловшенко, В.А. Скачкова, В.Р. Стемпицкий*
**Учреждение образования «Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники»**
e-mail: vstem@bsuir.by

Компьютерное моделирование прочно заняло «предэкспериментальную» нишу в продолжительном процессе по освоению новых материалов. Для проведения эксперимента по исследованию свойств наноструктурных объектов требуется дорогостоящая аппаратура, значительные энергетические и временные затраты. Моделирование из первых принципов позволяет предсказать структурные, электронные магнитные, оптические свойства материалов.

Многими исследователями, в том числе и нами, для *ab initio* исследования привлекается мощный, хорошо зарекомендовавший себя программный пакет VASP (Vienna Ab initio Simulation Package), реализующий метод функционала электронной плотности, который позволяет получить ценную информацию о кристаллических структурах.

Целевыми функциями являются электронный энергетический спектр, собственные функции и плотность электронных состояний изолированного кластера при фиксированном положении ядер, потенциальная энергия системы с учетом электронно-ядерных подсистем.

Один из выполняемых лабораторией проектов, финансируемый Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, посвящен исследованию из первых принципов структурных, электронных и магнитных свойств дефектных соединений ZnO и ZnSnAs₂, легированных переходными металлами. Выявлены физические особенности свойств исследуемых кристаллов ZnO посредством *ab initio* моделирования для целенаправленного поиска условий и параметров оптимальной технологии создания материалов с требуемыми функциональными свойствами.

Помимо структурных и электронных свойств, особое внимание уделялось выявлению магнитных характеристик. В серии компьютерных расчетов были получены результаты, отражающие влияние собственных точечных дефектов, дефектов типа «граница зерна», примесных атомов переходных металлов, совокупности дефектов (вакансия и атом переходного металла), упругой деформации на электронные спин-зависимые свойства кристалла.

Полученные в рамках выполнения проекта результаты актуальны для научно-технических отраслей Республики Беларусь, поскольку могут служить основой для прикладных исследований в самых современных физико-технологических направлениях. Изучаемые соединения могут эффективно применяться при создании элементов сенсорной нанотехники, развитии

отраслей наноэлектроники, тонкопленочного материаловедения, порошковой металлургии, компьютерного моделирования, расширения знаний о физике МОП- и других наносистем. В дальнейшем возможно изучение на практике физических свойств тонкопленочных диэлектрических материалов на основе оксидов ванадия, цинка и соединений редкоземельных элементов, которые весьма перспективны для применения в наносенсорике.

Разработка современных микро- и наноэлектронных устройств требует использования методов моделирования, позволяющих посредством численных экспериментов устанавливать количественные зависимости между электрофизическими, топологическими и эксплуатационными параметрами интегральных структур с учетом сложных взаимодействий в конкретных интегральных микросхемах (ИМС).

Актуальными являются задачи интеграции и унификации средств компьютерного моделирования, применяемых на всех этапах проектирования и экспериментальной отработки технологических процессов, приборных структур, схемотехнических решений, а также оптимизации и адаптации параметров используемых физико-математических моделей. Решение указанных задач обеспечит реализацию иерархического подхода к проектированию ИМС посредством организации взаимодействия используемых программных средств на всех уровнях моделирования.

Уменьшение технологических норм изготовления ИМС приводит к возникновению новых физических, в том числе квантовых эффектов в наноразмерных МОП-транзисторах, для учета которых необходимо создавать усовершенствованные физико-математические модели. В связи с чем серьезной проблемой становится значительное (на порядок) снижение быстродействия средств моделирования.

Стандартные программные средства моделирования электрических характеристик МОП-транзисторов используют «встроенные» модели переноса носителей заряда в приборных структурах. Использование же стандартных процессов моделирования и проектирования в других производственных условиях и с другими технологическими нормами может привести к «неадекватным» результатам.

Таким образом, актуальной становится задача разработки методов адаптации физико-математических моделей, описывающих перенос носителей заряда, реализованных в комплексах компьютерного проектирования изделий микроэлектроники, для моделирования полупроводниковых приборов, изготовленных с использованием нанометровых проектных норм.

Прикладные исследования по представленной выше тематике позволят обеспечить повышение эффективности проектирования новых изделий микроэлектроники, отработки технологических процессов, повысить точность и прогнозируемость результатов моделирования, снизить временные и материальные затраты, что в конечном итоге позволит увеличить выход годных изделий.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ПОИСКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ЦВЕТОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Е.А. Краснобаев

Витебский государственный университет имени П.М. Машерова

e-mail: krasnobaev@tut.by

Проблема поиска, отвечающая тем или иным критериям, возникает в любом хранилище данных, абсолютно по любому типу назначения. Совершенно ясно, что для решения этой проблемы необходимо реализовать систему поиска. Эта проблема становится особенно серьезной при больших объемах информации, высокой скорости их обновления и высокой разнородности потребностей пользователей. В помощь решению этих проблем реализованы автоматизированные поисковые системы.

Предлагаемые подходы решения данной проблемы ориентированы на обеспечения доступа к современным электронным коллекциям изображений с использованием различных средств - как текстовых описаний, так и характеристик визуального содержания, простейших типа цветовой гаммы, и более сложных, связанных с распознаванием образов, наиболее интересных для предметной области.

До недавнего времени традиционным считался поиск визуальной информации, опирающийся на индексирование текстовых описаний, ассоциированных с изображением. Однако поиск по названию, авторам, теме, заголовкам и другой текстовой информации, ассоциированной с изображениями коллекции, представляется недостаточным. Неоднозначность соответствия между визуальным содержанием и текстовым описанием снижает показатели точности и полноты поиска.

Проблематика задачи заключается в том, что процесс подбора материалов, например, из кожи, осуществляется на производстве и в торговле в ручную. Это достаточно затруднительно, с учетом того, что материалов может быть достаточно много и процесс подбора субъективен, т.е. происходит «на глаз».

Поэтому, целью работы является создание предметно-ориентированной информационной системы поиска изображений с учетом их цветовых характеристик на примере материалов из кожи.

Разработанное программное средство является приложение базы данных, хранящей изображения различных материалов из кожи. С помощью программы возможно осуществлять поиск нужных материалов в базе данных по их цветовым характеристикам: цвету и текстуре.

В программе реализованы следующие возможности:

- выбор необходимого цвета из палитры для поиска аналогичных по цветовой гамме образцов из базы;
- выбор в качестве образца для поиска другого изображения материала;
- поддержка стандартных операций с базой данных: добавление, изменение и удаление изображений образцов;

- настройка точности поиска.

Данная программа использует разработанный алгоритм, использующий меры подобия изображений и сравнение их гистограмм методами цифровой обработки изображений см. рис. 1.

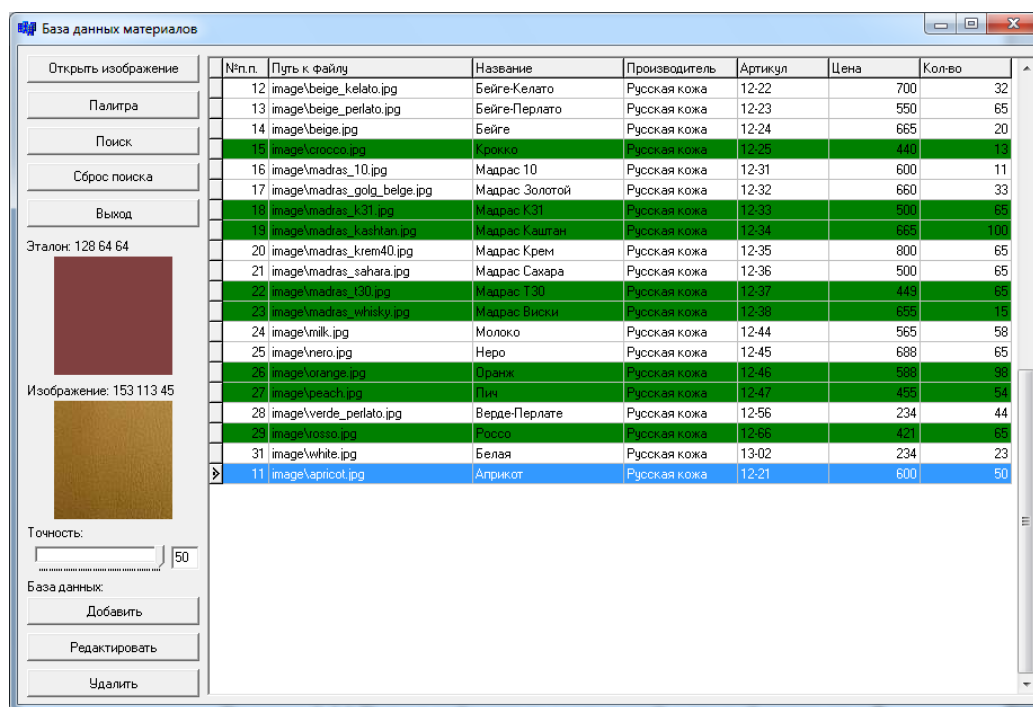


Рис.1. Главное окно программы

Приложение реализовано с использованием средств Borland C++ Builder 6.0. База данных разработана в среде Microsoft Access 2007. Программа протестирована на выборке из 50 изображений, точность распознавания составила 95%. Разработанные алгоритмы и программа может быть успешно адаптирована для поиска по цветовым характеристикам и текстуре других материалов.

Литература

1. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне.— М.: Техносфера, 2007. — 583 с.
2. Шапиро Л Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; Пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 752 с.
3. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход. / Д. Форсайт, Ж. Понс. М.: Вильямс, 2004. — 928 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО СРЕДНЕГО УХА

С.А. Ермоченко

Учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

e-mail: yermochenko@tut.by

Математическое моделирование различных систем, процессов или явлений представляет собой достаточно сложную и комплексную задачу. Например, моделирование реконструированного среднего уха (PCY), применяемое для расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС), используется для анализа возможных негативных последствий хирургической операции по восстановлению цепи косточек, утративших подвижность вследствие некоторых заболеваний. С точки зрения механики деформированного твёрдого тела и кинематики твёрдых тел это сложная математическая задача, решаемая с применением теории упругости и асимптотических методов решения дифференциальных уравнений. С точки зрения медицины сложность задачи заключается в большом количестве входных параметров построенной математической модели (51 параметр) и достаточно большом количестве выходных параметров (18 параметров) [1]. При этом специалистов в области оториноларингологии могут интересовать зависимости между различными парами входных и выходных параметров при изменении каждого входного параметра на некотором интервале [2].

Последняя задача предполагает многократный расчёт построенной модели для различных наборов значений входных параметров. В рамках работы [3] подобные расчёты проводились с применением пакета прикладных программ Maple. Такие расчёты могли быть произведены только на одном персональном компьютере, что приводило к длительным расчётам. Но даже расчёты в течение 2-3 недель не всегда позволяли произвести вычисления в требуемом объёме. Кроме того, использование математического пакета Maple требует определённой подготовки, что усложняет работу с построенной моделью специалисту-медику.

Для решения описанной проблемы в рамках данного исследования предлагается построить распределённую вычислительную систему. Так как для численного расчёта математической модели необходимо выполнять одни и те же действия над разными наборами входных данных, но при этом выполнение расчётов для одного такого набора данных требуется достаточно небольшое время даже на маломощном персональном компьютере, то для построения распределённой вычислительной системы удобно использовать технологию ГРИД-вычислений.

ГРИД-вычисления – это разновидность распределённых кластерных вычислений, которые используют параллелизм данных. Для создания такой вычислительной системы было принято решение разработать собственное программное обеспечение, ориентированное на расчёт произвольной модели.

Вычислительная система состоит из кластеров двух типов: вычислительных и управляющих. И один, и второй тип кластеров получают на вход по компьютерной сети несколько наборов входных данных. При этом для экономии трафика передаются не значения каждого из изменяемых параметров, а начальное, конечное значение и шаг изменения каждого такого параметра. Такой подход позволяет даже для высокопроизводительных кластеров, связанных сетью с невысокой пропускной способностью, не допускать простаивания вычислительных ресурсов из-за ожидания передачи данных. Управляющие и вычислительные кластеры различаются тем, что управляющие кластеры разбивают блок входных данных на более мелкие блоки входных данных, передают их для обработки кластерам, зарегистрированным как дочерние. При этом использование единого протокола передачи входных данных позволяет организовать иерархическую сеть управляющих и вычислительных кластеров.

Для удобства ввода данных в вычислительную систему и визуализации результатов расчётов, было разработано простое web-приложение с простым пользовательским интерфейсом. Для сбора данных используется централизованный сервер реляционных баз данных. Каждый вычислительный узел сохраняет данные на этом сервере, а web-приложение визуализирует их.

Описанный подход позволяет не только эффективно решить поставленную практическую задачу, гибко масштабируя распределённую вычислительную систему на разное количество кластеров. Он также позволяет легко модернизировать систему для расчёта математических моделей других систем, процессов или явления, разработав программную реализацию модели для вычислительного узла и соответствующую структуру базы данных для сохранения результатов.

Кроме того, методика построения распределённой вычислительной системы может демонстрироваться студентам специальностей, связанных с информационными технологиями, выполняя также учебно-методическую роль.

В перспективе возможна также разработка собственного языка для описания математической модели для вычислительного узла, что фактически, позволит реализовать простейшую облачную версию универсального математического пакета.

Литература

1. Mikhasev, G. On the strain-stress state of the reconstructed middle ear after inserting a malleus-incus prosthesis / G. Mikhasev, S. Ermochenko, M. Bornitz // *Mathematical Medicine and Biology*. – 2010. – Vol. 27(4). – P. 289-312.

2. Ермоченко, С.А. Расчет напряженно-деформированного состояния среднего уха при его тотальной реконструкции с учетом влияния остатков тимпанической мембраны / С.А. Ермоченко, Г.И. Михасев, Л.Г. Петрова // *Российский журнал биомеханики*. – 2008. – том 12, №3(41). – С. 24-36.

3. Ермоченко, С.А. Напряжённо-деформированное состояние реконструированного среднего уха: диссертация ... кандидата физико-математических наук: 01.02.04 / С.А. Ермоченко. – Минск, 2011. – 94 л.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

** Е.А. Корчевская, ** В.М. Мироненко*

***Витебский государственный университет имени П.М. Машерова**

**** Витебская ордена «Знак Почета»**

государственная академия ветеринарной медицины

****korchevskaya.elena@gmail.com, **vitmironenko@rambler.ru***

Ежегодно во всем мире регистрируются многочисленные случаи гибели человека и животных в результате воздействия на них тех или иных биологических агентов. Зараженность опасными патогенами достигает в некоторых регионах до нескольких миллионов человек. Вспышки ряда болезней в настоящее время являются мало контролируемыми и слабо прогнозируемыми.

Своевременное выявление опасных биологических агентов в исследуемых образцах тех или иных компонентов окружающей среды позволит своевременно принять адекватные меры.

Одним из путей решения данной проблемы является автоматизация идентификации биологических агентов с использованием специальных компьютерных программ и роботов.

При разработке оптимального вида образа идентифицируемого объекта и способа его получения сравнивались с точки зрения информативности и сложности аналитической обработки три вида образов: цифровые фотографические изображения объектов в горизонтальной плоскости, полученные при их строго горизонтальном положении в одной проекции; цифровые фотографические изображения объектов в горизонтальной плоскости в двух проекциях; цифровые видеоизображения объектов в горизонтальной плоскости, полученные при их горизонтальном положении в одной проекции.

При установлении специфичности элементов структуры идентифицируемых объектов изучалась специфичность следующих структур: контур, площадь, периметр, цвет, длина, ширина, толщина оболочки, наличие микропиле. Численные показатели таких морфологических данных, как длина, ширина, толщина оболочки и др. у идентифицируемых объектов являются величинами, колеблющимися в определенных пределах, которые в ряде случаев имеют пересекающиеся или близкие значения. Цветовые характеристики идентифицируемых объектов характеризуются однообразными данными: серым, желтым и коричневым значениями.

Таким образом, для точной идентификации изучаемых объектов с использованием ЭВМ наряду с учетом вышеуказанных критериев необходимо использовать дополнительные критерии на основе математического анализа морфометрических зависимостей. Авторами разработаны новые высокоспецифические критерии дифференциации ооцист эймерий и яиц гельминтов. Разработанные критерии были использованы для создания

интеллектуальной системы распознавания и анализа изображений микроскопических паразитологических объектов [1-8].

Литература

1. Паразитозы животных в Национальном парке «Припятский» и меры борьбы с ними с использованием IT-технологий: монография / Е.А. Корчевская [и др.]. - Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2014. – 42с.

2. Мироненко, В.М. Разработка искусственного интеллекта для диагностики паразитозов на основе нейронной сети Хэмминга / В.М. Мироненко, Е.А. Корчевская, С.С. Маевская // Ветеринарна біотехнологія, выпуск 22, 2013, с. 355-362.

3. Корчевская, Е.А. Математическое моделирование и программная реализация искусственного интеллекта для идентификации биологических микроскопических объектов / Е.А. Корчевская, В.М. Мироненко, С.С. Маевская // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2013. – №4(76), С. 9-14.

4. Корчевская, Е.А. Создание искусственного интеллекта для идентификации микро- и нанообъектов / Е.А. Корчевская, С.С. Маевская // VII Машеровские чтения: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 24–25 сентября 2013 г. / Витебский гос. ун-т; редкол. : А.П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : УО «ВГУ имени П.М. Машерова», 2013, С. 43.

5. Корчевская, Е.А. Интеллектуальная система распознавания изображений микроскопических биологических нано- и микрообъектов на основе статистических методов и нейросетевого моделирования / Е.А. Корчевская, В.М. Мироненко // Информационные системы и технологии: Материалы международного конгресса по информатике, Минск, 4 ноября-7 ноября 2013 г., С. 465-467.

6. Корчевская, Е.А. Обработка оптических изображений в медицине/ Е.А. Корчевская// Наука-образованию, производству, экономике: Материалы 66 Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 13-14 марта 2014 г. : в 2 т. / Витебский гос. ун-т; редкол.: И.М.Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2014 – Т. 1. – С. 22-23.

7. Мироненко, В.М. Использование нейронных сетей для идентификации ооцист эймерий крупного рогатого скота/ В.М. Мироненко, Е.А. Корчевская // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2014. – №2(80), С. 54-59.

8. Корчевская, Е.А. Исследование и математическое моделирование бионических принципов идентификации изображений микроскопических биологических объектов/ Е.А. Корчевская, В.М. Мироненко // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2014. – №6(84), С. 16-20.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

$\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$

*Н. Миронова-Улмане,¹ В. Скворцова¹, А. Шараковский¹, Г. Чикваидзе,¹
Е.К., Юхно², Л.А. Башкиров²*

¹*Институт физики твердого тела Латвийского университета
e-mail: nina@cfi.lu.lv*

²*Белорусский государственный технологический университет
e-mail: bashkirov@belstu.by*

В настоящее время большое внимание было обращено на изучение оптических свойств перовскита LaInO_3 , легированного ионами редкоземельных элементов Иодаты, легированные ионами редкоземельных элементов, считаются хорошими фото- и катодолюминесцентными люминофорами [1, 2] и могут быть использованы в производстве светодиодов. Среди преимуществ этих люминофоров можно считать возможность возбуждения люминесценции в ближней УФ или видимой области спектра и стабильность в влажной атмосфере [2, 3]. В настоящей работе $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$ с различным содержанием ионов Er^{3+} были синтезированы с использованием соосаждения и последующей термообработки гидроксидов. измерения ап-конверсионной люминесценции проводились на Андор SR-303i-B-спектрометра, соединенного с камерой и ICCD и с помощью инфракрасного лазера 980 nm, используемого в качестве источника возбуждения. Рентгеновская дифракция (XRD) Измерения проводились на дифрактометре Pro PANalytical X'Pert использованием $\text{Cu K}\alpha$ трубку напряжение 40 кВ и ток 30 мА.

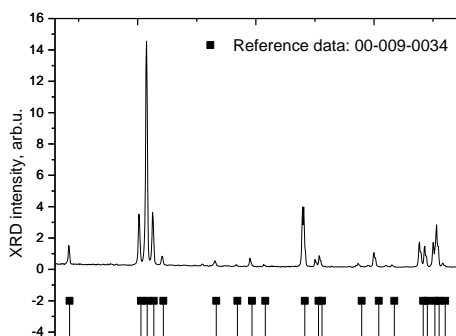


Рис. 1. Рентгенограмма $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$

Рентгенограмма образцов $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$, которые подвергались термообработке при 1250°C , показана на рис.1. Присутствует только LaInO_3 фаза и не наблюдаются дифракционные пики In_2O_3 , La_2O_3 и Er_2O_3 при данных концентрациях легирования. Это указывает на то, что ионы эрбия полностью растворяются в кристаллической решетке LaInO_3 .

При возбуждении $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$ инфракрасным лазером с длиной волны 980 нм наблюдается сильное зеленое свечение образцов до концентрации эрбия 2 мол. % и от оранжевого до красного свечения при концентрациях эрбия более 2 мол. %.

Исследована кинетика затухания люминесценции эрбия, в зависимости от его концентрации в LaInO_3 . В образцах $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$ с низкой концентрацией эрбия наблюдается одна компонента экспоненциального затухания люминесценции. При увеличении концентрации эрбия в LaInO_3 наблюдается дополнительная компонента более быстрого затухания, что соответствует процессу передачи энергии.

При высоких концентрациях ионов эрбия кинетики затухания становятся короче благодаря эффективному процессу кросс релаксации между соседними ионами Er^{3+} .

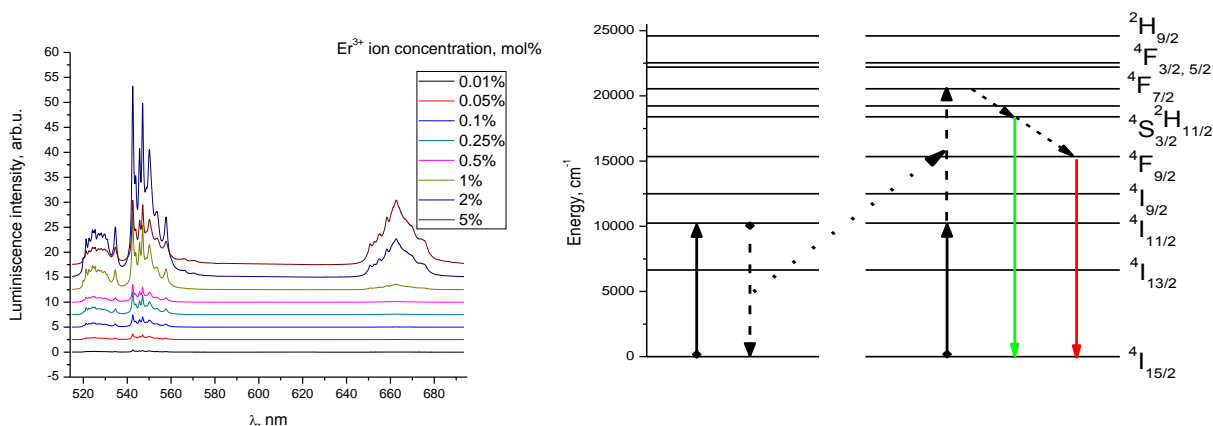


Рис. 2. Зависимости ап-конверсионных спектров люминесценции $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$ от концентрации ионов эрбия (слева), диаграмма энергетических уровней ионов Er^{3+} и возможные электронные переходы при ап-конверсионной люминесценции (справа)

Анализ спектров люминесценции $\text{LaInO}_3:\text{Er}^{3+}$ в зависимости от концентрации ионов Er^{3+} показал наличие концентрационного тушения (начиная с 2 моль%).

Измерены спектры комбинационного рассеяния (Рамана спектры). Наблюдалась зависимость Рамана спектров от длины волны возбуждения, что связано с люминесценцией редкоземельных элементов.

Литература

1. I. N. Kandidatova, L. A. Bashkirov, G. S. Petrov, Proceedings of BSTU. 2012. Issue 3. Chemistry and Technology of Inorganic Substances
2. New opportunities for lanthanide luminescence J.-C. G. Bünzli [et al.], Journal of rare earths. 2007. Vol. 25, Issue 5, P. 257–274.
3. Электрические свойства двойных оксидов индия и РЗЭ / Н. Б. Горилловская [и др.] Журнал неорганической химии. 1982. Т. 27, вып. 3. С. 592–594.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЮМИНОФОРОВ НА ОСНОВЕ ИНДАТА LaInO_3 СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА, ЛЕГИРОВАННОГО ИОНАМИ Pr^{3+} , Sm^{3+} , Sb^{3+}

*Л.А. Башкиров¹, Е.К. Юхно¹, Н.А. Миронова-Улмане²,
А.Г. Шараковский², П.П. Першукевич³*

¹*Белорусский государственный технологический университет*

²*Институт физики твердого тела Латвийского университета*

³*Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси*

e-mail: bashkirov@belstu.by

В последнее время значительно повысился интерес к исследованиям фотолюминесцентных свойств твердых растворов на основе LaInO_3 , легированного ионами редкоземельных элементов, излучающих свет в видимой области. Это связано с тем, что на основе таких твердых растворов может быть разработан люминофор, перспективный для изготовления светодиодов белого света. В ряде работ показано, что ионы висмута Bi^{3+} , введенные в подрешетку ионов La^{3+} индата LaInO_3 , легированного ионами Eu^{3+} , являются сенсibilизаторами фотолюминесценции ионов Eu^{3+} . Ионы Sb^{3+} имеют электронную конфигурацию $5s^2$, т.е. подобную как у ионов Bi^{3+} ($6s^2$). Поэтому можно ожидать, что ионы Sb^{3+} также будут хорошим сенсibilизатором фотолюминесцентных свойств ионов редкоземельных элементов, расположенных в матрице LaInO_3 . Однако в литературе отсутствуют публикации, посвященные изучению люминесцентных свойств ионов Sb^{3+} , введенных в подрешетку ионов In^{3+} индата LaInO_3 .

В настоящей работе, выполненной в рамках совместного проекта «ГКНТ-Латвия», проведен синтез твердых растворов $\text{La}_{0,997}\text{Pr}_{0,003}\text{InO}_3$, $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$, $\text{La}_{0,977}\text{Pr}_{0,003}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$, $\text{LaIn}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$, $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$, $\text{La}_{0,977}\text{Pr}_{0,003}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ и изучены их спектры возбуждения и спектры фотолюминесценции.

Анализ рентгеновских дифрактограмм полученных образцов твердых растворов $\text{La}_{0,997}\text{Pr}_{0,003}\text{InO}_3$, $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$, $\text{La}_{0,977}\text{Pr}_{0,003}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$ показал, что они являются однофазными и имеют кристаллическую структуру орторомбически искаженного перовскита типа GdFeO_3 . На рентгеновских дифрактограммах образцов валового состава $\text{LaIn}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$, $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$, $\text{La}_{0,977}\text{Pr}_{0,003}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ кроме рефлексов основной фазы со структурой перовскита присутствовал небольшой интенсивности рефлекс ($2\Theta = 28,76^\circ$, $d = 3,104 \text{ \AA}$) примесной фазы LaSbO_3 .

Показано, что спектр возбуждения люминесценции твердого раствора $\text{LaIn}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ при $\lambda_{\text{рег}} = 450 \text{ нм}$ содержит лишь одну интенсивную полосу возбуждения с максимумом при $\lambda = 324 \text{ нм}$ (рис. 1 а), а спектр фотолюминесценции этого твердого раствора при $\lambda_{\text{возб}} = 320 \text{ нм}$ содержит одну полосу фотолюминесценции ионов Sb^{3+} с максимумом при $\lambda = 430 \text{ нм}$ (рис. 1 б).

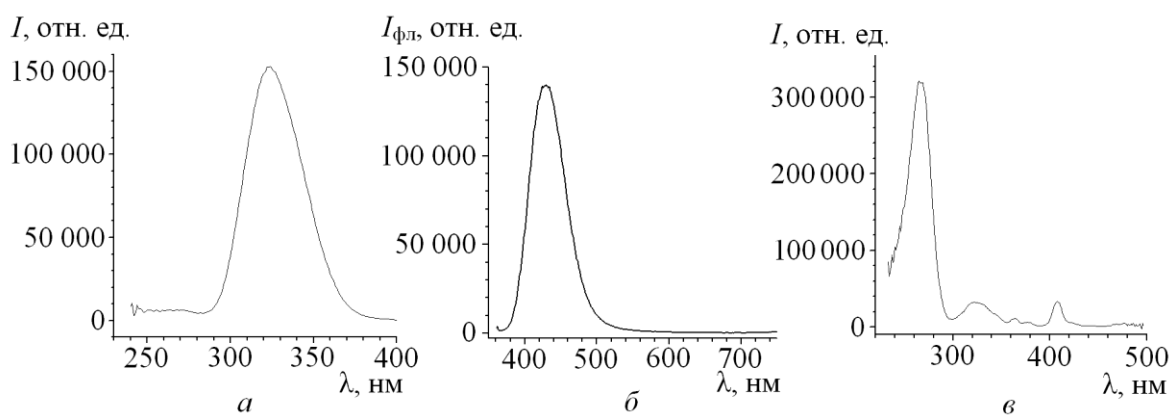


Рис.1. Спектры возбуждения при $\lambda_{\text{рег}} = 450$ нм (а) и фотолюминесценции при $\lambda_{\text{возб}} = 320$ нм (б) твердого раствора $\text{LaIn}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$; спектр возбуждения при $\lambda_{\text{рег}} = 602$ нм твердого раствора $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$ (в)

Установлено, что длина волны максимума интенсивности полосы фотолюминесценции ионов Sb^{3+} ($\lambda_{\text{возб}} = 320$ нм) твердого раствора $\text{LaIn}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ равна 430 нм, а длина волны максимума полосы возбуждения небольшой интенсивности ионов Sm^{3+} твердого раствора $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$ равна 408 нм (рис. 1 в). Отсюда следует, что усиление фотолюминесценции ионов Sm^{3+} твердого раствора $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ ионами Sb^{3+} наблюдается благодаря выполнению условия передачи поглощенной ионами сенсibilизатора (Sb^{3+}) энергии ионам активатора (Sm^{3+}), согласно которому полоса фотолюминесценции сенсibilизатора должна перекрываться с полосой возбуждения активатора. Экспериментально сенсibilизационное воздействие ионов Sb^{3+} на фотолюминесценцию ионов Sm^{3+} подтверждено значительным усилением интенсивности полос фотолюминесценции ионов Sm^{3+} на спектрах фотолюминесценции ($\lambda_{\text{возб}} = 320, 405, 470$ нм) твердого раствора $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ по сравнению с интенсивностью полос фотолюминесценции твердого раствора $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$ (рис. 2 а, б, в). Такое увеличение интенсивности полос фотолюминесценции ионов Sm^{3+} ионами Sb^{3+} наблюдается и на спектрах фотолюминесценции твердого раствора $\text{La}_{0,977}\text{Pr}_{0,003}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ ($\lambda_{\text{возб}} = 320, 405$ нм).

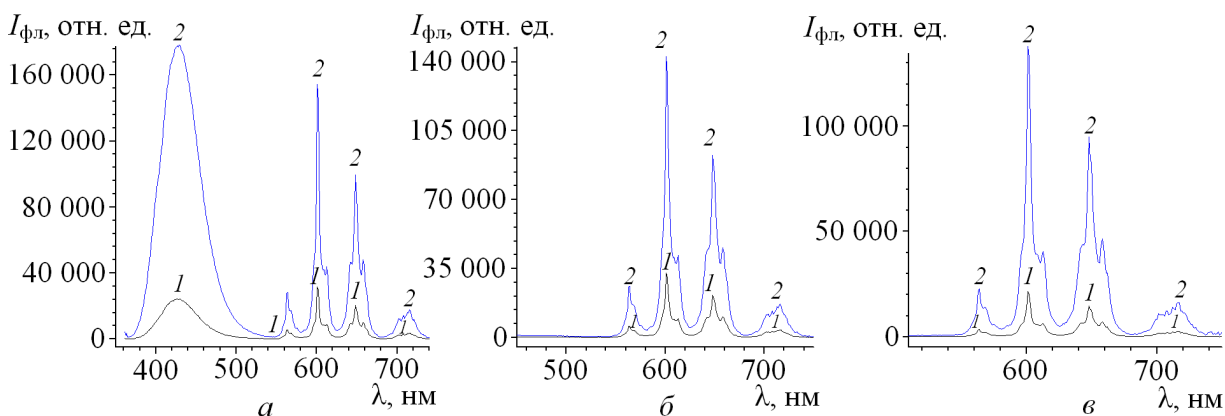


Рис. 2. Спектры фотолюминесценции при $\lambda_{\text{возб}} = 320$ нм (а), 405 нм (б), 470 нм (в) твердых растворов $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{InO}_3$ (1) и $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ (2)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЙ МАТРИЦЫ

*А. Плющ¹, А. Поддубская¹, П.П. Кужир¹, С.А. Максименко¹, Я. Мацуткевич²,
Ю. Банис², Я. Зицанс³*

¹*Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета,*

²*Виленский университет, физический факультет*

³*Рижский технический университет*

Artyom.plyushch@gmail.com

Современное развитие средств телекоммуникации непосредственно связано с использованием микроволнового частотного диапазона, например GSM телефоны используют частоту 900 и 1800 МГц, частота работы спутников позиционирования 1575,42 и 1227,60 МГц, частота импульса радара 24,15 ГГц. В связи с использованием довольно узкого частотного диапазона возникает проблема электромагнитной совместимости, т.е. влияния излучения одного прибора на работу другого.

В качестве решения данной проблемы было предложено использование экранирующих материалов и покрытий на основе полимерных матриц с внедрением малого количества нанокремнекислотных включений. В различных работах демонстрируется, что защитное покрытие толщиной 2 мм из композиционного материала на основе эпоксидной смолы с внедрением до 2 массовых процентов многостенных углеродных нанотрубок позволяет экранировать до 98% падающего излучения в СВЧ диапазоне (25-36 ГГц).

В то же время технология получения использования и утилизации такого рода материалов должно быть максимально экологичным, что накладывает определенные условия на выбор полимерных матриц, например, использование реактопластов (эпоксидной смолы) в качестве матрицы делает невозможным последующую вторичную переработку материала. Использование термопластика в качестве матрицы позволяет осуществлять вторичную переработку материала.

Данная работа посвящена исследованию экранирующих свойств композиционного материала на основе стиролакрилата целлюлозы с добавлением небольшого (до 10 масс. %) многостенных углеродных нанотрубок.

Показано, что внедрение МУНТ в полимерную матрицу существенно снижает ее свойство пропускать СВЧ излучение, при этом экранирующая способность композита достигается за счет одновременного роста отражения и поглощения излучения материалом (см. рис. 1).

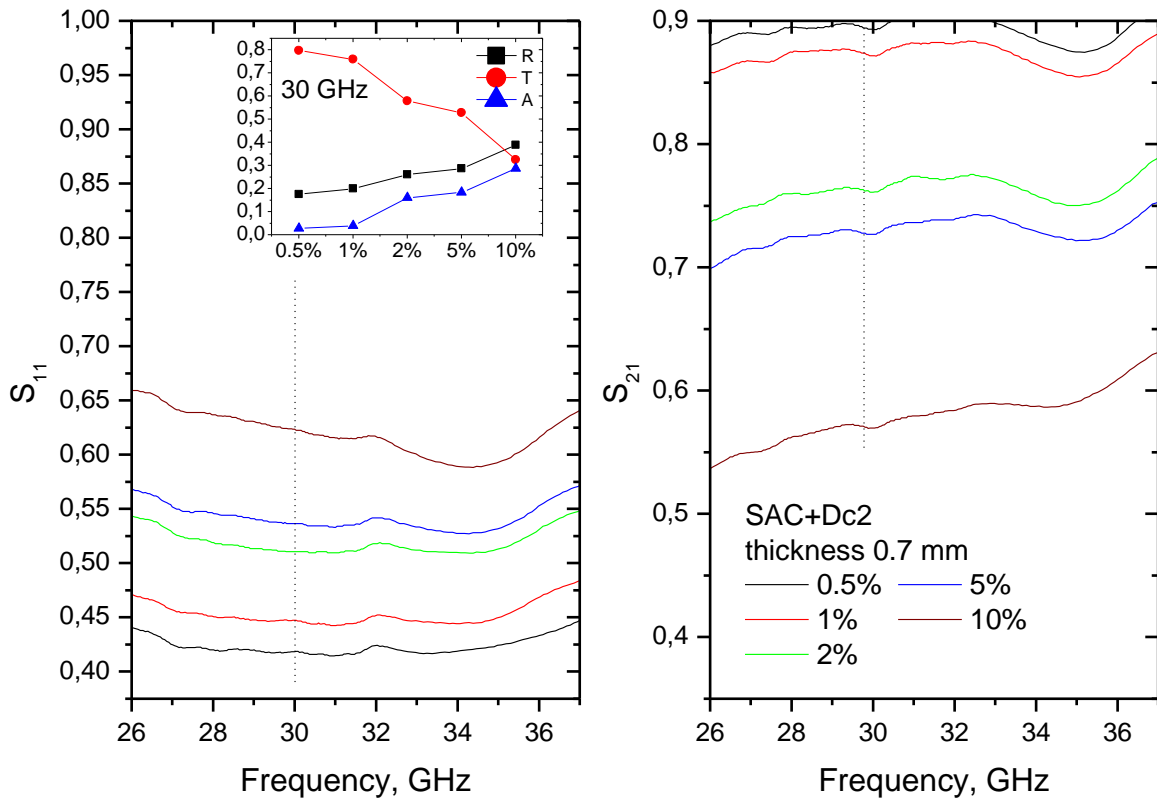


Рис. 1. Параметры матрицы рассеяния композиционных материалов с различной концентрацией нанотрубок. Вставка: поглощение (A), отражение (R) и прохождение (T) образцов

АНИЗОТРОПНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СТРУКТУРЫ, ПРОЦЕССЫ. ДИЗАЙН, ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*В.С. Безбородов,*¹ С.Г. Михаленок,¹ Н.М. Кузьменок,¹ А.А. Черник,¹ В.В. Жилинский,¹
И.М. Жарский,¹ О.Б. Дормешкин,¹ А.Г. Смирнов,² А.А. Степанов²,
В.И. Лапаник,³ Г.М. Сосновский³*

¹*Белорусский государственный технологический университет,*

²*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники*

³*НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко*

**e-mail: v_bezborodov@yahoo.com*

Учитывая, что большинство природных соединений и биополимеров – полисахариды, белки, гликопротеины, нуклеиновые кислоты характеризуются анизотропными свойствами; что возникновение жизни на Земле может являться результатом химической эволюции (теории Опарина, Холдейна); что самоорганизация динамических структур (диссипативных), химических систем и органических молекул (теории Пригожина, де Жена, ячейки Бенара) также является одним из возможных путей эволюции, мы предлагаем при разработке новых материалов и структур одновременно с условиями их получения рассматривать и учитывать фактор (роль) анизотропии - анизотропную форму молекул и анизотропию их свойств, анизотропию реакционной способности; самоорганизацию химических систем и органических молекул, обуславливающих региоселективность протекания и образования комплементарных структур (супрамолекулярная химия).

Предлагаемые подходы получения новых материалов и анизотропных веществ, моделирования различных процессов базируются на закономерностях эволюционного развития природных органических соединений; многочисленных данных, полученных в последние десятилетия при изучении жидких кристаллов и упорядоченных сред; на использовании анизотропии молекул полифункциональных соединений для дизайна новых молекулярных структур (инженерия молекул), пленок, жидких кристаллов [1], мембран, мицелл и т.д.; для создания анизотропных ансамблей молекул и биологических систем.

В процессе проведенных исследований нами было установлено [1], что для синтеза как известных, так и новых анизотропных карбоциклических и гетероциклических соединений, имеющих стержнеобразную форму молекул и характеризующихся их ориентационной упорядоченностью перспективны 3,6-дизамещенные циклогекс-2-еноны, *транс*-2,5-дизамещенные циклогексаноны, 3,5-дизамещенные 2-изоксазолины, 5-замещенные циклогексан-1,3-дионы, 1,2-дизамещенные циклопропанола и непердельные эпоксикетоны.

Доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенонового, циклогексанонового, изоксазолинового, циклопропанового, непердельного 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. Восстановление изоксазолинового фрагмента, раскрытие оксиранового цикла водой в кислой среде, галогенводородными кислотами, вторичными аминами открывают доступ к соответствующим α -диолам, галогенгидринам или аминоспиртам. При этом последние могут быть переведены в водорастворимую форму в виде солей с минеральными кислотами. Это позволяет получать анизотропные водорастворимые вещества, характеризующиеся высокой упорядоченностью молекул друг относительно друга, и является несомненным отличительным достоинством указанных соединений.

В качестве альтернативных вариантов ориентации анизотропных материалов на поверхностях, предлагается способ создания гомеотропной ориентации молекул НЖК на упорядоченных наносетчатых алюминиевых пленках [2], сформированных методом электрохимического анодирования на стеклянных подложках, поры которых могут иметь различные диаметр, глубину и поверхностный рельеф. Было установлено, что формирование алюминиевой наносетчатой пленки с диаметром пор 150–200 нм позволяет получать однородную гомеотропную ориентацию молекул нематических жидких кристаллов. Используя данную плёнку в качестве ориентирующего слоя, можно достичь улучшения качества ориентации молекул НЖК, временных и электрооптических параметров жидкокристаллических устройств отображения информации. При этом по сравнению с традиционными методами создания ориентирующих покрытий, электро-химическое анодирование, позволяющее получать различные плёнки с регулярной рельефной поверхностью, является более простым и экономичным методом.

Комбинация анизотропных материалов, плёнок и поверхностей, характеризующихся упорядоченной рельефной структурой, открывает новый подход к разработке и созданию различных высококачественных устройств отображения информации с улучшенными параметрами.

Очевидно, что предлагаемая нами методология отличается оригинальностью, является креативной и имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения аналогичных соединений и структур, моделирования биологических систем; с успехом может быть использована для разработки новых материалов и устройств с широким спектром практического использования.

Литература

1. V.S. Bezborodov, S.G. Mikhalyonok, N.M. Kuz'menok, V.I. Lapanik, G.M. Sasnouski. *Liquid Crystals*. v. 42(8), p.1124-1138 (2015).
2. V. Bezborodov, V. Zhylynski, A. Chernik, N. Bogomazova, I. Zharski, A. Smirnov, A. Stsiapanau, V. Lapanik, S. Mikhalyonok. International Symposium. Digest of technical papers. Eurodisplay 2015. Ghent, Belgium. P26, p. 93 (2015).

СИНТЕЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАСТВОРАХ

К.Б. Подболотов, А.А. Хорт

Белорусский государственный технологический университет

e-mail: 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.

Проведены 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. 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 исследований 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, H₂ и CH₄.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ИНЖЕНЕРИИ НАНОПОРИСТОГО Al_2O_3 И АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

И.А. Врублевский, К.В. Чернякова, А.К. Тучковский
Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники
e-mail: vrublevsky@bsuir.edu.by

Применение методов структурной инженерии нанопористого оксида алюминия и алюминиевой основы с высокой теплопроводностью позволило разработчикам БГУИР предложить для рынка изделий электроники такие новые конкурентоспособные и инновационные продукты, как плоские алюминиевые электронагреватели и алюминиевые печатные платы для светодиодов [1,2]. Это стало возможным за счет разработки новых конструкций изделий на алюминиевой основе, которые характеризовались значительным снижением теплового сопротивления для теплоотводящего диэлектрического слоя.

Как известно, одним из эффективных примеров применения энергосберегающих технологий является система освещения, построенная на основе светодиодных технологий. В тоже время в отличие от обычных ламп накаливания, основная проблема для светодиодов заключается в отводе тепла, выделяемого в процессе работы LED кристаллом. Светодиоды не излучают тепло в окружающее пространство, а проводят его в направлении от р-п перехода к теплоотводу в корпусе светодиода, в качестве которых выступает вывод или специальная металлическая пластинка. Поэтому процесс отвода тепла от светодиода более сложен и для него важную роль играет тепловое сопротивление «р-п переход - печатная плата». Следствием повышенной температуры перехода является появление таких отрицательных эффектов, как снижение яркости свечения и смещение рабочей длины волны. Поэтому очень важно максимально рассеять выделяемое светодиодом тепло в печатную плату, чтобы не допустить перегрева р-п перехода.

Разработанная в БГУИР конструкция печатной платы содержит алюминиевую пластину со слоем диэлектрика из нанопористого оксида алюминия, армированный клеевой слой (препрег) с теплопроводным наполнителем - частицами оксида алюминия и медную систему межсоединений. Формирование слоя пористого оксида алюминия на поверхности алюминия позволило решить проблему адгезии клеевого слоя к алюминию. Применение наполнителя на основе порошка оксида алюминия имело целью улучшение теплопроводности армированного клеевого слоя. Благодаря такому решению клеевой слой получил как отличные диэлектрические свойства, так и очень низкое тепловое сопротивление. Например, если теплопроводность обычного армированного клеевого слоя (препрега) составляет 0,3 Вт/мК, то теплопроводность армированного клеевого

слоя с наполнителем – оксидом алюминия составляет уже не менее 1,3 Вт/мК. Предложенная конструкция печатной платы на алюминиевой основе позволила решить задачи повышения теплоотдачи и создания оптимальных тепловых режимов работы светодиодов.

Другим объектом новой техники на алюминиевой основе, для изготовления которого использовалась структурная инженерия нанопористого оксида алюминия, являлся плоский алюминиевый электронагреватель. В предложенной конструкции в качестве тепловыделяющего элемента электронагревателя выступал гибкий материал на основе углеродного волокна, который закреплялся на поверхности анодированного алюминия. Технической задачей, которую решали разработчики БГУИР для этого изделия, было упрощение конструкции и повышение надежности плоского электронагревателя. Разработанный электронагреватель позволил объединить достоинства использования углеродного волокна в качестве нагревательного элемента и конструкции с низким тепловым сопротивлением за счет размещения тела нагревателя на теплопроводящей детали. Такое решение обеспечило получение однородного и равномерного нагрева требуемой поверхности при относительно низкой стоимости изготовления электронагревателя. Предложенное конструктивное исполнение позволило также регулировать в широких пределах величину сопротивления тела резистора (нить из углеродного волокна) за счет выбора его длины в процессе изготовления изделия.

Минимальная толщина плоского алюминиевого электронагревателя – 0,5 мм, максимальная удельная мощность – 40 Вт см⁻². Разработанные плоские алюминиевые электронагреватели с углеродным нагревательным элементом идеально подходят для применений в тех случаях, когда требуется сложная геометрия рабочей поверхности, малая термическая масса, лёгкая конструкция и минимальная толщина. Достоинством таких нагревательных элементов является плоская поверхность, малая толщина, равномерность нагрева рабочей поверхности, экономия электроэнергии до 15 – 30%, повышенная устойчивость к вибрации, возможность эксплуатации в жёстких климатических условиях.

Литература

1. Врублевский И., Видеков В., Тучковский А., Чернякова К. Сравнительный анализ работы плоского нагревательного элемента на основании из анодированного алюминия. Автоматизация на дискретного производство: материалы XXIV Международная научно-техническая конференция, Созопол, България, 18–21 юни 2015 г. / Научни известия; редкол.: Р. Димитрова [и др.]. – София, 2015. – С. 422–428.

2. Способ изготовления печатных плат для светодиодов. Заявка на изобретение № а20150390 Респ. Беларусь, МПК Н 05 К 1/05, Н 05 К 3/44, заявл. 24.07.2015.: Тучковский А.К., Врублевский И.А.

Научное издание

СОТРУДНИЧЕСТВО – КАТАЛИЗАТОР ИННОВАЦИОННОГО РОСТА

Сборник материалов
Белорусско-Прибалтийского форума

22–23 октября 2015 года

Подписано в печать 19.10.2015. Формат 60x84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 7,90. Уч.-изд. 3,09. Тираж 100. Заказ 801.

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



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



Министерство образования и науки Литовской Республики
LT-01516, г. Вильнюс, ул. А.Волано, 2/7
Тел.: +370 5 219 11 90
Факс: +370 5 261 20 77
www.smm.lt



Белорусский национальный технический университет
220013, г. Минск, пр. Независимости, 65
Тел.: +375 17 292 10 11
Факс: +375 17 292 91 37
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

ISBN 978-985-550-750-6



9 789855 507506