

Учреждение образования
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»

МЕНДЕЛЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2024

Электронный сборник материалов
Международной научно-практической конференции
по химии и химическому образованию

Брест, 22 февраля 2024 года

Брест
БрГУ имени А. С. Пушкина
2024

ISBN 978-985-22-0726-3

Об издании – [1, 2](#)

© УО «Брестский государственный
университет имени А. С. Пушкина», 2024

1 – сведения об издании

УДК 378:54:574(08)
ББК 24.1+24.2+24.4+24.5

*Рекомендовано редакционно-издательским советом учреждения образования
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»*

Редакционная коллегия:

кандидат биологических наук, доцент **Е. Г. Артемук** (отв. ред.)
кандидат технических наук, доцент **Н. С. Ступень**

Рецензенты:

заведующий кафедрой инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный
технический университет» кандидат технических наук, доцент **Э. А. Тур**
доцент кафедры ботаники и экологии УО «Брестский государственный университет
имени А. С. Пушкина» кандидат биологических наук, доцент **Н. М. Матусевич**

Менделеевские чтения – 2024 [Электронный ресурс] : электрон. сб.
материалов Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию,
Брест, 22 февр. 2024 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.:
Е. Г. Артемук (отв. ред.), Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2024. – 303 с. –
Режим доступа: <http://rep.brsu.by/handle/123456789/10067>.
ISBN 978-985-22-0726-3.

В материалах сборника освещаются актуальные проблемы химии и экологии,
а также отражен опыт преподавания соответствующих дисциплин в высших и средних
учебных заведениях.

Материалы могут быть использованы научными работниками, аспирантами,
магистрантами, преподавателями и студентами высших учебных заведений, учителями
химии и другими специалистами системы образования.

Разработано в PDF-формате.

УДК 378:54:574(08)
ББК 24.1+24.2+24.4+24.5

Текстовое научное электронное издание

Системные требования:

тип браузера и версия любые; скорость подключения к информационно-
телекоммуникационным сетям любая; дополнительные надстройки к браузеру
не требуются.

© УО «Брестский государственный
университет имени А. С. Пушкина», 2024

[ВПЕРЕД](#)

2 – производственно-технические сведения

- Использованное ПО: Windows 7, Microsoft Office 2013;
- ответственный за выпуск Ж. М. Селюжицкая, корректор А. А. Лясник, технический редактор А. А. Лясник, компьютерный набор и верстка Е. Г. Артемук;
- дата размещения на сайте: 31.05.2024;
- объем издания: 4,70 МБ;
- производитель: учреждение образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», 224016, г. Брест, ул. Мицкевича, 28. Тел.: 8(0162) 21-70-55. E-mail: rio@brsu.by.

[ВПЕРЕД](#)

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

Аганязова С. Ш. Усовершенствование технологии переработки алунита	9
Антонюк Е. К., Шпигун А. В. Как химические открытия помогают спасти нашу планету: борьба с пластиком	11
Арабей С. М., Слонская С. В., Круплевич В. Ч., Матук К. В. Влияние температуры на агрегацию замещенного фталоцианина в растворе и силикатной матрице	15
Барымова А. С., Артемук Е. Г. Влияние тетрасукцинат 24-эпикастастерона на морфометрические параметры подсолнечника однолетнего (<i>Helianthus annuus L.</i>)	19
Бегаль М. А., Ступень Н. С. Определение жесткости питьевой воды населенных пунктов Каменецкого района (Брестская область)	22
Бульская И. В. Влияние 24-эпикастастерона и 2-моносалицилат 24-эпикастастерона на развитие проростков колеуса	25
Бяшимова С. А., Агдаев Б. О. Изготовление краски, отражающей солнечное тепло, из местного сырья Туркменистана	29
Василевская А. В., Колбас Н. Ю. Роль экзогенной обработки брассиностероидами плодов <i>Vitis L.</i> для повышения антиоксидантной активности	33
Василевская А. В., Русавук М. В. Изменение морфометрических параметров подсолнечника однолетнего при действии 24-эпикастастерона и его конъюгата тетрасукцинат 24-эпикастастерона в полевом эксперименте	38
Воробьёва Е. В., Карпова С. Г. Изменения структуры антиоксиданта N-фенил-2-нафтиламина при термоконтакте с медью	42
Гордунов Г. А., Минеева И. В. Синтез производных 6-замещенных 5-циано-2-тиопиримидинов и анализ их потенциальной биоактивности <i>in silico</i>	44
Гурьев Д. И., Вербило К. М., Зураев А. В. Молекулярное моделирование в дизайне новых биологически активных соединений	49
Демидович О. А., Ленивко С. М. Источник углеводного питания для культивирования растений <i>in vitro</i> и направления его модификации	53
Демидчик А. В. Влияние легирования сплава $Vi_{0,89}Sb_{0,11}$ теллуrom на дифференциальную термоЭДС и коэффициент Холла	57
Догель А. Я., Минеева И. В. Синтез производных 3-(1-h-пиррол-3-ил)индолин-2-она, содержащих циклопропановые фрагменты	60

Дроздова Н. И. Анализ накопления кадмия в наземной биомассе растений, произрастающих в зоне влияния полигона твердых коммунальных отходов г. Гомеля	64
Иовик Л. Н., Ажгиревич А. Н. Накопление тяжелых металлов в объектах природной среды в зоне влияния аккумуляторного производств	69
Кароза С. Э. Влияние тетрасулцината 24-эпикастастерона на содержание фотосинтетических пигментов в гречихе посевной (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.) в вегетационном эксперименте	74
Касторных Л. И., Каклюгин А. В., Гикало М. А. Методические аспекты определения дозировки поликарбоксилатных суперпластификаторов в бетонных смесях, перекачиваемых бетононасосами	80
Ковалевич Н. Ф., Таранюк Е. А. Влияние ионов свинца на динамику численности линии Berlin <i>Drosophila melanogaster</i>	86
Коваленко В. В. Влияние тетрасулцината 24-эпикастастерона на морфометрические показатели тимофеевки луговой в лабораторном эксперименте.....	88
Колбас А. П. Оценка биоремедиационного потенциала растений-кандидатов в контролируемых условиях	91
Колбас А. П., Колбас Н. Ю., Синчук О. В. Оценка рисков, связанных с использованием в садоводстве интенсивных методов химизации, и перспективы применения элементов органического земледелия	94
Колбас А. П., Нестерук В. С. Оценка влияния почвенных смесей на основе золы на содержание некоторых тяжелых металлов в растениях фестулолиума	98
Конопацкая О. А., Ступень Н. С. Анализ выбросов газообразных загрязняющих веществ в атмосферу воздуха филиалом ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод за период 2021–2023 гг.	103
Корзюк О. В. Рострегулирующее действие конъюгатов природных brassinosteroidов с кислотами на морфометрические параметры амаранта	107
Коротеев Г. Ю., Минеева И. В. Новые катализаторы для мультикомпонентной реакции Биджинелли с участием ацетоуксусного эфира, 4-бромбензальдегида и 5-аминотетразола.....	112
Левчук Н. В., Кривицкий П. В. Исследование процессов карбонизации бетонов по химическим показателям	116
Леонков Д. А., Зураев А. В. Синтез 1- и 2-бутил-5-винилтетразолов и их дибромпроизводных	119

Лукша О. В., Белоус Н. Х., Родцевич С. П. Оценка долговечности пенополиуретановых клеевых соединений с ячеистым бетоном.....	122
Лукьянчик И. Д., Чайчиц Э. А. Влияние препарата Ростмомент в качестве мелиоранта на прорастание семян овса после обработки почвы гербицидом Боксер-КЭ	128
Макаренко Т. В., Пырх О. В., Хаданович А. В., Патапова А. Д. Изучение загрязнения биотических и абиотических компонентов оз. Малое тяжелыми металлами	132
Макоед И. И., Зыбайло Е. К., Березовская Т. А., Янушкевич К. И. Компьютерная обработка рамановских спектров тонких пленок соединений, синтезированных на основе BiFeO_3	135
Максимук А. В., Ленивко С. М. Эффективность влияния фитогормонов <i>in vitro</i> на листовой органогенез у малинно-ежевичных гибридов.....	139
Матусевич Н. М. Особенности анатомического строения листьев некоторых оксифитов Брестского региона.....	142
Мелюх А. В., Корзюк О. В. Культура амаранта – перспективное растение в качестве объекта исследования	146
Мисюля Д. И., Минеева И. В. Новые катализаторы мультикомпонентной реакции с участием димедона, малонитрила и 2-гидроксиафтаальдегида	149
Мяликгулыева Н. Я., Сапармухамедова М. Д. Анализ состава жидких продуктов пиролиза стеблей хлопчатника	154
Нурджанова П. С., Атаева Дж. Г. Исследование химического состава остатков пиролиза полипропиленового производства	157
Синицына Д. А., Ступень Н. С. Мониторинг выбросов диоксида азота и монооксида углерода предприятием ОАО «Бархим» за 2020–2022 гг.	161
Слонская С. В. Кристаллическая структура ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$).....	164
Тарасюк А. Н. Влияние соединений тяжелых металлов на относительную продолжительность стадий митоза клеток корневой меристемы гороха.....	169
Тарасюк В. М., Ступень Н. С. Мониторинг выбросов оксида углерода (II) и оксида серы (IV) филиалами РУП «Брестэнерго» за период 2020–2022 г.	173
Tashliyeva N. S., Dovranova E. A. Innovative technology of obtaining water filter membrane integrated with graphene oxide	177
Тур Э. А., Русак Е. Ю. Физико-химические исследования объекта «Костел Святой Тересы» в г. Щучине Гродненской области как объекта историко-культурного наследия Республики Беларусь	181

Тур Э. А., Русак Е. Ю., Ненадик Д. Н. Комплексные научные исследования историко-культурного объекта – церковь Святителя Николая Чудотворца в г. Волковыске	185
Франтов Д. И., Минеева И. В. Синтез новых n-замещенных 2-пиразолинов с циклопропан содержащим фрагментом и расчет их биологических свойств <i>in silico</i>	190
Хоммадов Я., Шукурова Г. А. Очистка воздуха от пыли оксида кремния (IV) ионизационным методом	195
Shirgulyyeva SH. T., Charyyeva G. D. Possibilities to obtain emulsifiers based on raw materials	199
Шкуратова Н. В. Особенности адаптации мембран микроорганизмов к действию абиотических факторов	202
Esenova M. H. Adsorption properties of metal-organic frame work structure of MOF-5	205

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Артемук Е. Г. Информационные компьютерные технологии как способ повышения эффективности преподавания биохимии в вузе	209
Бодня М. А., Андреева Г. Ю. Лабораторные опыты на уроках химии как средство познания объективной действительности	212
Гуринова Е. С., Романова М. Г. Оценка содержательной валидности тестов с разноуровневыми тестовыми заданиями для текущего контроля знаний иностранных студентов по биоорганической химии ...	216
Гурская В. Ю., Пантелеева С. М. Элементы технологии критического мышления в преподавании химии	221
Деменкова Н. В. Реализация интегративно-контекстного подхода при обучении дисциплине «Медицинская химия»	224
Каваленка А. М. Прафесійна арыентаваня аўтэнтычныя матэрыялы ў навучанні замежнай мове студэнтаў біёлага-хімічных спецыяльнасцей ...	229
Каклюгин А. В., Касторных Л. И. Химические аспекты преподавания раздела «Цемент для дорожных бетонов» учебной дисциплины «Дорожное материаловедение»	232
Коваленко В. В., Ступень Н. С. Модель предметной химической компетенции	236
Конюшко Т. А. Пропедевтика химической подготовки иностранных слушателей подготовительного отделения в системе довузовского образования медицинского университета	239
Кунцевич З. С. Управление внеаудиторной самостоятельной работой студентов по дисциплине «Медицинская химия» в медицинском университете	243

Кунцевич З. С., Гусакова Е. А., Шалха О. А. Средства реализации профессиональной направленности обучения химии англоговорящих студентов фармацевтического факультета.....	246
Кунцевич З. С., Деменкова Н. В., Конюшко Т. А. Роль и место компетентностного подхода в обучении студентов медицинского университета химическим дисциплинам.....	249
Ленивко С. М. Научно-методические аспекты применения коллекции растений <i>in vitro</i> для решения образовательных задач.....	252
Макаренко Т. В., Аверин В. С. Основные подходы в организации научно-исследовательской работы студентов и магистрантов на кафедре химии.....	255
Малашонок И. Е., Радченко С. Л., Гвоздева Н. А., Ашуйко В. А., Салычиц О. И. Организация работы учащихся подготовительного отделения в рамках подготовки к ЦТ и ЦЭ по химии.....	258
Мелеховец С. С. Элементы фреймовой технологии в разработке обучающе-тренажерных модулей и их использование при изучении химии.....	261
Мисюля Д. И., Юркова Ю. М. Методический аспект научно-исследовательской работы учащихся по изучению продуктов термолитиза полимеров.....	266
Одинцова М. В., Довнар А. К., Громыко Ж. Н. Использование электронных учебно-методических комплексов при изучении химических дисциплин в медицинском вузе.....	271
Пырх О. В., Макаренко Т. В. Реализация личностно ориентированного подхода при преподавании дисциплин химического профиля.....	275
Серый А. И. О сравнительной характеристике задач квантовой механики об атоме гелия и молекуле водорода.....	278
Сечко О. И. Индивидуализация обучения как фактор повышения качества образования.....	281
Ступень Н. С., Коваленко В. В. Реализация межпредметных связей при изучении дисциплины «Ксенобиология».....	284
Хаданович А. В. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов-биологов в ходе подготовки дипломных работ.....	288
Шихалова А. А. Проблемное и проектное обучение как современные актуальные методики преподавания в университете.....	291
Шомина Е. И. Химические аспекты в изучении курса «Кормление животных» студентами зооветеринарной направленности.....	295
Шукурова М. Ф., Хыдыров П. Особенности графического метода решения задач по химической кинетике.....	298

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

УДК 553.492

С. Ш. АГАНЯЗОВА

Туркменистан, Ашхабад, ТГУ имени Махтумкули

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ АЛУНИТА

В статье рассматриваются и анализируются известные на сегодняшний день мировые достижения в области переработки алюминий-содержащих руд и дается оценка их преимуществ и недостатков. Согласно этой технологии, измельченная алунитовая руда крупностью 0,16 мм и менее ленточным транспортером загружается в печь для дегидратирующего обжига. Обжиг руды происходит при 650–680 °С в течение 20–40 мин.

По окончании процесса обжигания полученная транспортером руда переводится в реактор для кислотной обработки. Туда же насосом закачивается 12 %-й раствор серной кислоты. Сернокислотная обработка проводится при температуре 100 °С в течение 40–60 мин. дозировкой кислоты 105 % от стехиометрии для сульфатизации компонентов спека. По окончании кислотного разложения алунитового спека полученная пульпа фильтруется в нутч-филт্রে, где твердая фаза состоит из соединений кремнезема с примесями минерала иллит. Жидкая фаза пульпы представляет собой раствор смеси сульфатов алюминия, железа и натрия.

Смесь полученных сернокислых солей насосом перекачивается в реактор и подвергается карбонатной обработке с использованием CaCO_3 , измельченным в шаровой мельнице до крупности 0,2 мм. Процесс обработки проводится при температуре 50–100 °С в течение 40–60 мин., при дозировке CaCO_3 – 100 % от стехиометрии, отношении Ж : Т – 6 : 1–10 : 1. При этом степень образования $\text{Al}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$ достигает 99 % и более. После чего фильтрацией разделяют жидкую и твердую фазу пульпы. В жидкую фазу пульпы переходят сульфаты калия и натрия, а в твердой остаются $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$. Для получения глинозема смесь $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и CaSO_4 шнековым транспортером переводится в реактор, где подвергается щелочной обработке.

На основе проведенных исследований и полученных результатов переработки алунитового сырья предлагается технология комплексной переработки этих руд на сернокислые соли алюминия, железа, которые

являются коагулянтом для очистки воды; сульфаты калия, натрия и карбонат натрия, являющиеся удобрением или используемые в стекольной промышленности; сульфаты кальция, используемые в строительстве; железистые оксидные пигменты для лакокрасочной промышленности; глинозем для получения алюминия и т. д.; кварц-строительный материал или наполнитель.

Инновационные методы и технологии по переработке алунита

Азербайджанским ученым удалось разработать инновационную технологию переработки алунита, затраты на которую являются минимальными. Переработка алунита основана на электрохимии и мембранной технологии, что позволяет извлекать из алунитовой руды как алюминий, так и другие химические элементы. Причем в процессе переработки не используются химические элементы, реактивы и т. д. Данный метод может быть использован непосредственно на Зейликском месторождении алунитов без необходимости транспортировки сырья в Генджу. В первую очередь этот процесс позволит предотвратить загрязнение окружающей среды.

Наши технологические разработки по переработке алунита инициировали грантовую работу по развитию технологии извлечения ценных металлов из отходов железных руд в Дашкесане на основе сернокислотного выщелачивания. Расчеты показали, что погоня и доставка огромного количества фоліевой кислоты в Дашкесане может значительно снизить экономическую привлекательность проекта. Поэтому в качестве источника было решено взять серную кислоту с применением алунита.

Была поставлена цель разработать технологию переработки алунита в максимально простой и надежной конструкции с возможностью реализации непосредственно на депозит. Для проверки разработки технологии перед авторами была спроектирована и построена рабочая модель технологического процесса, на котором можно легко проверить и отрегулировать различные технологические методы. Модель может работать в автоматическом режиме с любой заданной скоростью от алунитового орошения кучи и договорного решения с помощью управляемых специальных насосов.

Основной особенностью данной схемы является использование принципа кучного выщелачивания, который широко применяется в горнодобывающей промышленности для выщелачивания различных металлов. Авторы приобрели достаточный опыт проведения кучного выщелачивания на Гедабекском месторождении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кашкай, М. А. Алуниты, их генезис и использование : в 2 т. / М. А. Кашкай. – М. : Недра, 1970. – Т. 1. – 400 с.

2. Аграновский, А. А. Алуниты – комплексное сырье алюминиевой промышленности / А. А. Аграновский, Л. А. Ключанов, Г. З. Насыров // *Металлургия*. – 1989. – № 3. – С. 25–28.

3. Агрохимическое и горнорудное сырье на рубеже XXI века / Е. М. Аксенов [и др.] // *Минерал. ресурсы России. Экономика и упр.* – 2000. – № 5–6. – С. 7–15.

4. Ремизова, Л. И. Сырьевая база алюминиевой промышленности / Л. И. Ремизова // *Минерал. ресурсы России. Экономика и упр.* – 2005. – № 4. – С. 15–27.

5. Погребницкий, Е. О. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых / Е. О. Погребницкий, В. И. Терновой. – Л. : Недра, 1974. – 304 с.

[К содержанию](#)

УДК 504.5

Е. К. АНТОНЮК, А. В. ШПИГУН

Беларусь, Брест, БрГТУ

КАК ХИМИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ ПОМОГАЮТ СПАСТИ НАШУ ПЛАНЕТУ: БОРЬБА С ПЛАСТИКОМ

В современном мире одной из главных проблем является проблема загрязнения окружающей среды. Одним из основных источников загрязнения является производство пластмасс. Пластик и различные изделия из него заполнили весь мир. Он везде: на суше, в воде, в воздухе, в повседневной жизни каждого человека. Дошло до того, что частицы микропластика прямо сейчас находятся в наших организмах. В связи с постоянно ухудшающимся положением ученые находятся в активной фазе поиска решения данной проблемы.

Недавно ученые-химики Северо-Западного университета представили пусть неполное решение проблемы пластика, но отличный способ его переработки. Они представили новый катализатор, способный избирательно расщеплять нейлон-6 (капрон).

Нейлон-6 или же капрон – это полимер, который широко используется в современном мире. Он отличается высокой прочностью, большим сроком службы и непомерно долгим, измеряемым в сотнях и даже тысячах лет процессом разложения. Данный полимер проник во многие области нашей жизни. Он используется в автомобильной промышленности для создания различных деталей, применяется

в медицине для создания протезов, входит в состав повседневных предметов обихода, в том числе в состав одежды.

Представленный катализатор может расщеплять полимер всего за несколько минут, при этом не образуя вредных побочных продуктов. Он был разработан в лаборатории Тобина Маркса, ведущего автора исследования. Ученые нагрели нейлон-6 до температуры плавления, а затем внесли катализатор, в результате чего пластик развалился на исходные блоки и не оставил побочных продуктов.

«Вы можете думать о полимере как об ожерелье или нитке жемчуга», – объяснил Маркс. «В этой аналогии каждая жемчужина представляет собой мономер. Эти мономеры являются строительными блоками. Мы придумали, как разорвать нить и при этом оставить целым жемчуг» [2].

Ученые-химики объясняют, что присутствующий в молекулах созданного ими катализатора атом редкоземельного металла связывается в полимере с азотом и кислородом и соединяет углеводородную цепочку, расположенную между кислородом и азотом, в кольцо. В результате данного процесса нить нейлона-6 распадается на кольцеобразные молекулы капролактама [3].

В ходе экспериментов были восстановлены 99 % исходных мономеров, которые можно использовать для переработки в другие продукты.



Рисунок 1 – Восстановление мономеров, строительных блоков нейлона

Главное достоинство этого катализатора в том, что процесс расщепления не требует для себя токсичных растворителей, дорогих материалов или экстремальных условий проведения. А это значит, что его можно использовать в больших масштабах.

Ученые Северо-Западного университета привели пример работы катализатора на рыболовных сетях. Капрон – компонент большинства из

них. Быстрый приход сетей в негодность, а также сравнительно небольшая цена на них приводят к тому, что рыболовы, не заботясь об океане, просто-напросто сбрасывают их в воду. По оценкам, ежегодно в океан сбрасывается около 600 000 т таких сетей, что чрезмерно вредит океану и его обитателям. Новый катализатор позволит без вреда для окружающей среды и без особых затрат перерабатывать все эти сети. Также ученые проводили опыты на нейлоновом текстиле, крышках от пластиковых бутылок и пр. Во всех случаях результат был положительным.



Рисунок 2 – Новый катализатор разлагает образец нейлона-6

Несмотря на то что весь мир знает о проблеме пластика, он является частью нашего общества и используется в огромных количествах. Это натолкнуло Маркса на идею разлагать пластик с помощью нового катализатора с «чистой» и устойчивой деградацией. Выход деполимеризации превышает 99 %. Современные способы утилизации нейлона-6 предусматривали его захоронение, ведь разложение посредством сжигания приводит к выбросу токсичных загрязняющих веществ и парниковых газов.

Ранее уже пробовали различные химические катализаторы для разложения капрона, однако в большинстве они предполагали экстремальные условия, такие как высокая температура, испарение под высоким давлением и др., а также использование токсичных растворителей.

Представленный катализатор должен помочь обойти эти трудности. Он представляет собой металлоцен, состоящий из ионов иттрия и лантанидов, которые недороги и достаточно распространены на Земле. При молярной концентрации всего 0,04 % катализатор позволяет деполимеризовать нейлон-6 при температуре 220 °С без использования растворителей. На сегодняшний день данные условия являются самыми щадящими для расщепления данного полимера, они позволяют достичь выхода более 99 % без токсичных побочных продуктов [1].

В результате распада нейлона-6 получается капролактам, который можно реполимеризовать в более качественный капрон. Он, в отличие от исходного капрона, обладает большей прочностью и долговечностью, за счет чего пользуется большим спросом. Маркс отметил, что переработанный нейлон действительно превосходит изначальный в цене, а также что его используют многие модные бренды в своей одежде.

Представленный учеными катализатор обладает высокой селективностью. Он разлагает только полимеры нейлона-6, не повреждая в процессе другие окружающие материалы. Данное качество катализатора говорит о том, что промышленные предприятия смогут использовать его для обработки больших объемов различных отходов, при этом сэкономив на средствах их утилизации.

Маркс говорил, что при других обстоятельствах предприятиям приходилось бы нанимать людей для сортировки нейлона, что было бы неэффективно, но, так как катализатор разлагает лишь нейлон и оставляет другие отходы, этого делать не придется, что невероятно эффективно [1].

Также важно отметить факт того, что переработка нейлона-6 позволяет сократить производство пластика с нуля (нейлон производится из сырой нефти).

Ученые считают, что использование данного катализатора является важным шагом в области переработки полимеров. «Инновационный подход устраняет критический пробел в существующих технологиях переработки, предлагая практичное и эффективное решение проблемы нейлоновых отходов. Мы считаем, что это имеет значение для сокращения воздействия пластика на окружающую среду и содействия развитию экономики замкнутого цикла» [2].

Таким образом, данный катализатор представляет собой инновационную альтернативу, которая восполнит пробелы в существующих технологиях переработки. Направленность данной альтернативы на пластик особенно важна, ведь он особенно трудно разлагается. Данный способ переработки пластика уже нашел потенциальных промышленных партнеров и в будущем может стать частью решения глобальной проблемы загрязнения планеты пластиком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новый катализатор расщепляет рыболовные сети всего за несколько минут без вредных побочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new-science.ru/novyj-katalizator-rasshheplyaet-rybolovnye-seti-vsego-za-neskolko-minut-bez-vrednyh-pobochnyh-produktov/>. – Дата доступа: 14.02.2024.

2. Уничтожение прочных пластиковых соединений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.himhelp.ru/news/10878.html>. – Дата доступа: 14.02.2024.

3. Создан «зеленый» катализатор, быстро разлагающий высокопрочный нейлон [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nauka.tass.ru/nauka/19424969>. – Дата доступа: 14.02.2024.

К содержанию

УДК 535.372;535.34

**С. М. АРАБЕЙ, С. В. СЛОНСКАЯ, В. Ч. КРУПЛЕВИЧ,
К. В. МАТУК**

Беларусь, Минск, БГАТУ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АГРЕГАЦИЮ ЗАМЕЩЕННОГО ФТАЛОЦИАНИНА В РАСТВОРЕ И СИЛИКАТНОЙ МАТРИЦЕ

Расширение практических применений фталоцианинов во многом зависит от их способности образовывать комплексы с металлами, а также от присутствия периферийных объемных заместителей, которые увеличивают их растворимость. Одним из таких производных фталоцианинов является алюминиевый комплекс фенилтиозамещенного фталоцианина – $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ (рисунок 1). Обладая высоким квантовым выходом образования триплета ($\varphi_T \approx 70\%$ в ДМСО), $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ имеет перспективы использования в качестве фотосенсибилизатора для фотодинамической терапии (ФДТ) [1]. Уже разработана липосомальная форма этого фталоцианина на основе липидов (Тиосенс) [2] и показано, что она обладает высокой селективностью накопления в опухоли и может эффективно использоваться в ФДТ [3]. Поглощение и флуоресценция в ближнем ИК диапазоне (700–850 нм), где естественное поглощение биологических тканей минимально, открывает возможности использования $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ для флуоресцентной диагностики онкологических заболеваний [4]. Видно, что $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ можно одновременно применять в терапии и диагностике (тераностике), т. е. рассматривать соединение как одно из светочувствительных тераностических веществ.

Возможности использования $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в тераностике для живых организмов побудили исследовать его спектрально-люминесцентные свойства и состояние агрегации в растворе, а для сравнения и в твердотельной силикатной матрице в диапазоне температур тела человека

и высших животных, т. е. теплокровных организмов (диапазон 20–40 °С). Например, органы живых организмов, расположенные глубоко внутри тела, имеют более высокую и постоянную температуру по сравнению с кожей, температура которой значительно ниже.

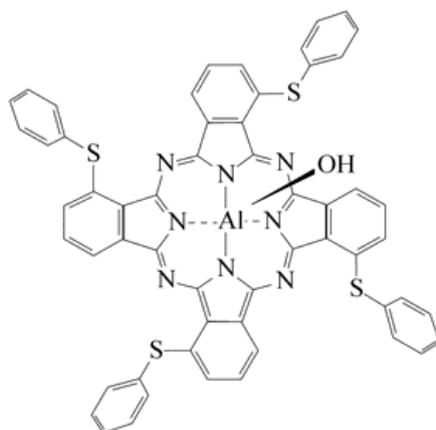


Рисунок 1 – Химическая структура алюминиевого комплекса фенилтиозамещенного фталоцианина – $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$

Обычно при уменьшении температуры спектры поглощения и люминесценции многоатомных молекул в жидких растворах сдвигаются в коротковолновую сторону [5]. Низкотемпературный коротковолновой сдвиг связывают с неспособностью молекул растворителя переориентироваться за время жизни возбужденного состояния, и процессы поглощения/испускания наблюдаются в/из нерелаксированного состояния.

При изучении температурной зависимости положения Q -полосы поглощения $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в этаноле установлено, что наблюдается коротковолновой сдвиг полосы при повышении температуры от 20 °С до 40 °С (рисунок 2, *a*). Видно, что увеличение температуры приводит как к уменьшению интенсивности $Q(0-0)$ -полосы поглощения при 724,0 нм, так и к сдвигу ее максимума в сторону более коротких длин волн (см. вставку рисунка 2, *a*). Показательно, что при повышении температуры от 20 °С до 40 °С гипсохромный сдвиг $Q(0-0)$ -полосы поглощения достигает величины $\Delta\lambda \approx 2,7$ нм ($\Delta\nu \approx 50$ см⁻¹). Кроме того, температурная эволюция полосы поглощения сопровождается ее заметным уширением. Такое поведение полуширины Q -полосы может быть объяснено эффектом возрастания однородного уширения примесных центров в жидкой среде с ростом температуры, что и приводит, с одной стороны, к падению интенсивности Q -полосы, а с другой – к ее уширению. Неоднородное уширение, которое в данном случае обусловлено пространственной неоднородностью физических параметров жидкой среды, окружающей

растворенные молекулы (многообразие сольватных оболочек), также может увеличиваться с ростом температуры.

Вместе с тем совокупность спектров рисунка 2, *а* имеет изобестическую точку при 719,3 нм, наличие которой может свидетельствовать о существовании в этанольном растворе двух взаимосвязанных спектральных форм $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$. Тогда с этой точки зрения наблюдаемый синий сдвиг Q -полосы может быть результатом спектральной суперпозиции контура полосы поглощения возникающей спектральной формы при ~ 710 нм (вероятнее всего, это агрегированная (димерная) форма фталоцианина, или образование дополнительных межмолекулярных Н-связей с молекулами этанола) с контуром полосы поглощения исходной формы при 724 нм.

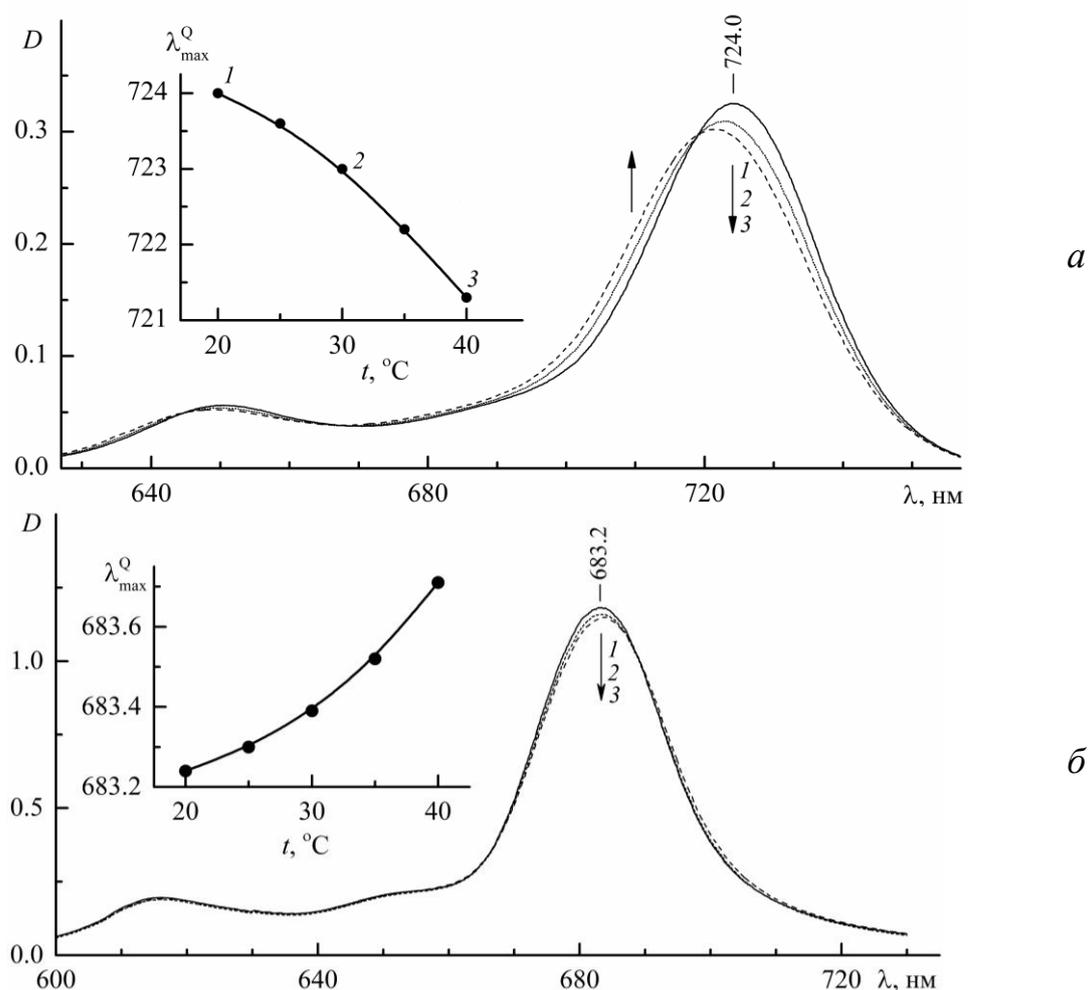


Рисунок 2 – Область Q -полосы поглощения $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в этаноле (*а*) и силикатной ТЭОС гель-матрице (*б*) при 20 (1), 30 (2) и 40 °C (3).

На вставках – температурные зависимости положения максимума $Q(0-0)$ -полосы поглощения $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$

$Q(0-0)$ -полоса поглощения $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в твердотельной силикатной тетраэтоксисилановой (ТЭОС) гель-матрице, наоборот, при повышении температуры от 20 °С до 40 °С испытывает незначительный батохромный сдвиг (рисунок 2, б). Как видно из вставки рисунка 2, б, повышение температуры от 20 °С до 40 °С приводит к длинноволновому сдвигу $Q(0-0)$ -полосы на величину $\Delta\lambda \approx 0,5$ нм ($\Delta\nu \approx 10$ см⁻¹). В твердой ТЭОС-матрице Q -полоса поглощения $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ незначительно уменьшает свою максимальную интенсивность с ростом температуры, сохраняя при этом форму (полуширину). Такое поведение спектральных параметров в силикатной матрице обусловлено тем, что примесные молекулы химически связаны с поверхностью нанопор и образуют устойчивые во времени спектральные формы. Поэтому незначительное изменение температуры не может существенно повлиять на изменение локального окружения и тем самым на уширение спектральных полос.

Выполненные температурные эксперименты показали, что в жидком растворе вероятнее всего имеет место процесс агрегации $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$. При этом наблюдается аномальный, батохромный сдвиг спектров поглощения замещенного Al-фталоцианина при понижении температуры. В твердотельной матрице, которую можно рассматривать как аналог биологических тканей, окружающих примесные молекулы, $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ сохраняет мономерную форму.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yield of intersystem (singlet – triplet) crossing in phthalocyanines evaluated on the basis of a time in resolved photothermal method / D. Frackowiak [et al.] // J. Photochem. Photobiol. A : Chem. – 2001. – Vol. 141, No 2–3. – P. 101–108.
2. Фотосенсибилизатор, липосомальная форма фотосенсибилизатора и способ проведения фотодинамической терапии : пат. РФ № 2257898 / А. Ю. Барышников [и др.]. – Оpubл. 10.08.2005.
3. Изучение фармакокинетики фотосенсибилизатора на основе липосомальной формы тетра-3-фенилтиофталоцианина гидроксиалюминия у мышей / А. П. Будько [и др.] // Biomedical photonics. – 2018. – Т. 7, № 4. – С. 16–22.
4. Hydroxyaluminium Tetra-3-Phenylthiophthalocyanine is a New Effective Photosensitizer for Photodynamic Therapy and Fluorescent Diagnosis / I. G. Meerovich [et al.] // Bull. Exp. Biol. Med. – 2005. – Vol. 139, No 4. – P. 427–430.
5. Арабей, С. М. Влияние температуры на электронные спектры тетрабензопорфина в н-октане / С. М. Арабей // Журн. приклад. спектроскопии. – 1992. – Т. 57, № 1–2. – С. 56–61.

[К содержанию](#)

УДК 577.175.1:581.143

А. С. БАРЫМОВА, Е. Г. АРТЕМУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ ТЕТРАСУКЦИНАТ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА
НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА
ОДНОЛЕТНЕГО (*HELIANTHUS ANNUUS L.*)**

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в изменяющихся условиях среды остается одной из важнейших задач в растениеводстве. Сегодня наряду с общепринятыми способами улучшения качества сельскохозяйственной продукции, а также повышения его устойчивости к неблагоприятным факторам используют различные биологически активные вещества, которые способны не только повышать иммунитет растений к стрессовым факторам, но и не наносить вреда почве, в которой выращивается культура. К таким веществам относятся brassinosteroids – класс растительных стероидных соединений, играющих важную роль в регуляции физиологических процессов у растений [1]. Перспективным направлением является модификация структуры молекул за счет их конъюгации с органическими кислотами. В связи с этим продолжаются исследования фитостероидных гормонов – brassinosteroids и их новых синтезированных производных (конъюгатов) [2; 3] с целью определения наиболее эффективных концентраций и способов обработки, оказывающих влияние на функциональные параметры (морфометрические и биохимические), в особенности на рост и урожайность растений.

Для определения оптимальных концентраций конъюгата 24-эпикастастерона с янтарной кислотой, оказывающих наибольшее влияние на посевные качества подсолнечника однолетнего в лабораторных условиях, был использован тетраСУКЦИНАТ 24-эпикастастерона (S439), синтезированный в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Для исследований применяли диапазон концентраций конъюгата – 10^{-11} – 10^{-6} М. Для сравнения влияния конъюгата на морфометрические параметры подсолнечника использовали 24-эпикастастерон (ЭК) в концентрации 10^{-8} М, которая в предыдущих опытах оказывала максимальный эффект на длину корня и побега подсолнечника однолетнего. Гормоны протестированы на подсолнечнике однолетнем (*Helianthus annuus L.*) сорта Гелиос. Оценка воздействия на рост и развитие растений осуществлялась по следующим параметрам: определяли всхожесть семян, после чего измеряли длину подземной (средняя

длина корней) и надземной (средняя длина побега) частей подсолнечника однолетнего. Всхожесть определяли на пятые сутки согласно ГОСТ 12038-84.

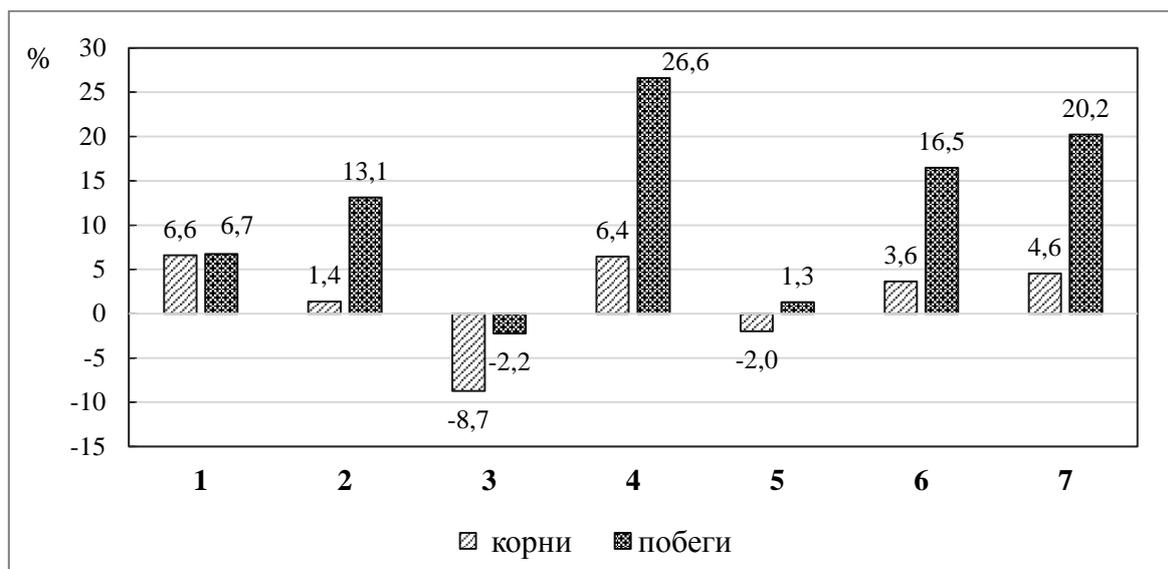
Изучение влияния тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439) на длину корня и побега подсолнечника однолетнего показало, что растения подсолнечника положительно отзываются на предварительное замачивание в растворах исследуемого стероидного соединения в концентрациях 10^{-9} М, 10^{-7} М и 10^{-6} М (таблица, рисунок). Так, использование S439 в концентрации 10^{-9} М приводило к увеличению средней длины корней на 6,4 %, а побегов – на 26,6 % по сравнению с контролем (различия статистически достоверны). Использование S439 в концентрации 10^{-7} М и 10^{-6} М приводило к увеличению средней длины корней на 3,6–4,6 % по сравнению с контролем, однако эти различия статистически не достоверны, а побегов – на 16,5–20,2 % по сравнению с контролем (различия статистически достоверны).

В сравнении с действием 24-эпикастастерона (ЭК) на подсолнечник однолетний (в концентрации 10^{-8} М), тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439) в концентрациях 10^{-9} М, 10^{-7} М и 10^{-6} М оказывал незначительное, но все-таки более высокое воздействие на рост побегов подсолнечника однолетнего на начальной стадии их роста. Так, наблюдалось повышение на 18,6 % (при концентрации 10^{-9} М), 12,6 % (при концентрации 10^{-6} М) и 9,1 % (при концентрации 10^{-7} М) по сравнению с ЭК (таблица, рисунок).

Таблица – Влияние 24-эпикастастерона и тетрасукцинат 24-эпикастастерона на морфометрические параметры подсолнечника однолетнего сорта Гелиос в лабораторном эксперименте

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	131,8 ± 2,59	100,0	53,4 ± 0,93	100,0
ЭК, 10^{-8} М	140,5 ± 2,72*	106,6	57,0 ± 0,76**	106,7
S439, 10^{-11} М	133,6 ± 2,72	101,4	60,4 ± 0,89***	113,1
S439, 10^{-10} М	120,3 ± 2,73**	91,3	52,2 ± 0,92	97,8
S439, 10^{-9} М	140,3 ± 2,37*	106,4	67,6 ± 0,94***	126,6
S439, 10^{-8} М	129,2 ± 2,75	98,0	54,1 ± 0,89	101,3
S439, 10^{-7} М	136,6 ± 2,98	103,6	62,2 ± 1,01***	116,5
S439, 10^{-6} М	137,8 ± 3,19	104,6	64,2 ± 1,13***	120,2

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$.



1 – ЭК, 10^{-10} М; 2 – S439, 10^{-11} М; 3 – S439, 10^{-10} М; 4 – S439, 10^{-9} М;
5 – S439, 10^{-8} М; 6 – S439, 10^{-7} М; 7 – S439, 10^{-6} М

Рисунок – Влияние 24-эпикастастерона (ЭК) и тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439) на морфометрические параметры подсолнечника однолетнего сорта Гелиос, % относительно контроля

Таким образом, по результатам лабораторного опыта наиболее эффективными концентрациями тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439), оказывающими наибольший эффект на рост корней и побегов подсолнечника однолетнего, являются 10^{-9} М и 10^{-6} М.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosterоидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биоорхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 годы (№ ГР 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жабинский, В. Н. Синтез, свойства и практическое использование brassinosterоидов и родственных соединений : автореф. дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.03 / В. Н. Жабинский ; Белорус. гос. ун-т. – Минск, 2000. – 46 с.

2. Synthesis and stress-protective action on plants of brassinosteroid conjugates with salicylic acid / R. P. Litvinovskaya [et al.] // Chemistry of Natural Compounds. – 2016. – Vol. 52, № 3. – P. 452–457.

3. Индолил-3-ацетоксипроизводные brassinостероидов: синтез и рострегулирующая активность / Р. П. Литвиновская [и др.] // Химия природ. соединений. – 2013. – № 3. – С. 408–414.

К содержанию

УДК 543.32, 543.33

М. А. БЕГАЛЬ, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КАМЕНЕЦКОГО РАЙОНА (БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Вода как один из компонентов абиотической части биосферы – важнейший экологический фактор, благодаря которому поддерживается жизнь на земле. Жесткость воды является одним из наиболее значимых показателей, который влияет на характеристики воды в целом. Чистая питьевая вода является необходимым условием поддержания здоровья человека. Оценивая качество воды, исследователи проводят аналитические анализы по регламентированным методикам и получают значения физических показателей качества – по цвету, мутности, температуре. Жесткость воды обусловлена присутствием растворимых соединений кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), которые при соответствующих температурах переходят в нерастворимые соединения.

Цель исследования – определить содержание катионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), а также жесткость воды в питьевой воде населенных пунктов Каменецкого района: пос. Беловежский, г. Высокое, д. Оберовщина, аг. Рясна.

Для определения содержания катионов кальция и магния в питьевой воде использовали комплексонометрический метод титрования.

Результаты исследования и их обсуждение

Жесткость воды – совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворенных солей, преимущественно кальция и магния. Различают два вида жесткости воды: карбонатная (временная) и некарбонатная (постоянная).

Карбонатная (временная) жесткость определяется содержанием в воде гидрокарбонатов кальция, магния, которые при кипячении разлагаются и выпадают в осадок в виде накипи.

Некарбонатная (постоянная) жесткость обусловлена наличием сульфатов и хлоридов кальция и магния. Данные соли при кипячении остаются в растворе, и в связи с этим некарбонатную жесткость нельзя устранить кипячением.

На рисунке 1 представлены данные жесткости питьевой воды в исследуемых населенных пунктах (2023).

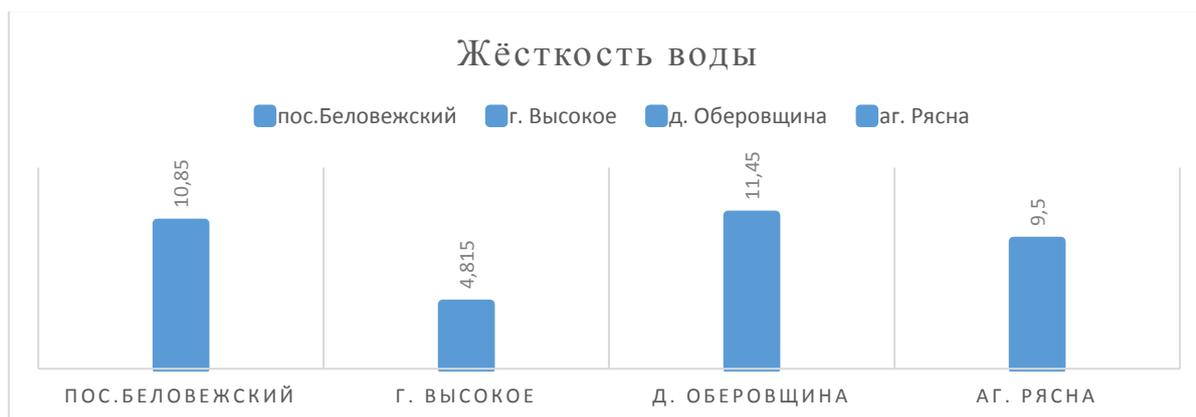


Рисунок 1 – Жесткость питьевой воды населенных пунктов Каменецкого района (Брестская область)

Анализ экспериментальных данных показал, что наименьший показатель жесткости воды выявлен в г. Высокое (4,815 мг*экв/дм³), наибольший – в д. Оберовщина (11,45 мг*экв/дм³). Разница между двумя показателями составляет 57,95 %. Значения жесткости воды в пос. Беловежский (10,85 мг*экв/дм³) и аг. Рясна (9,5 мг*экв/дм³) больше, чем в г. Высокое, на 55,62 % и д. Оберовщина на 49,32 % соответственно.

На рисунке 2 представлены данные о содержании катионов Ca²⁺ в питьевой воде.

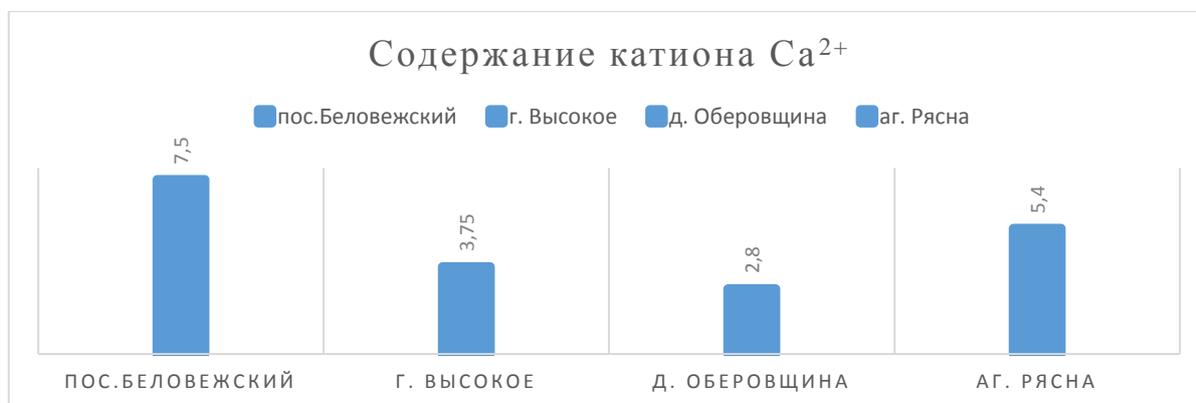


Рисунок 2 – Содержание катионов Ca²⁺ в питьевой воде населенных пунктов Каменецкого района (Брестская область)

Анализ полученных данных показал, что наименьший показатель количественного содержания катионов Ca^{2+} выявлен в д. Оберовщина (2,8 мг/л), а наибольший – в пос. Беловежский (7,5 мг/л). Разница между двумя значениями равна 62,5 %. Содержание катиона Ca^{2+} в г. Высокое (3,75 мг/л) и аг. Рясна (5,4 мг/л) больше, чем в д. Оберовщина, на 25,4 % и 48,15 % соответственно.

На рисунке 3 представлены данные о содержании катионов Mg^{2+} в питьевой воде.

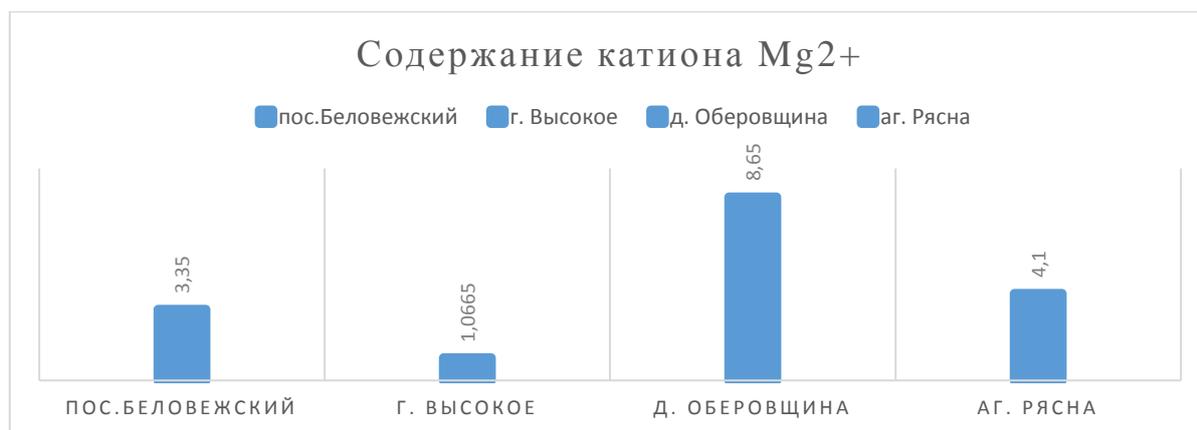


Рисунок 3 – Содержание катионов Mg^{2+} в питьевой воде населенных пунктов Каменецкого района (Брестская область)

Анализ полученных данных показал, что наименьшее содержание катионов Mg^{2+} в питьевой воде г. Высокое (1,0335 мг/л), а наибольшее – в д. Оберовщина (8,65 мг/л). Разница между двумя значениями, г. Высокое и д. Оберовщина составляет 87,7 %. Содержание катиона Mg^{2+} в питьевой воде пос. Беловежский (3,35 мг/л) и аг. Рясна (4,1 мг/л) больше, чем в г. Высокое на 68,2 % и 73,99 % соответственно.

Выводы

1. Экспериментально определены концентрации катионов кальция и магния, а также общая жесткость питьевой воды населенных пунктов Каменецкого района (Брестская область).

2. Экспериментальные данные позволяют охарактеризовать питьевую воду изучаемых населенных пунктов как жесткую, за исключением питьевой воды г. Высокое (жесткость составляет $4,82 \text{ мг}\cdot\text{экв}/\text{дм}^3$), которая относится к воде средней жесткости.

3. В питьевой воде населенных пунктов Каменецкого района преобладают катионы кальция, за исключением д. Оберовщина.

[К содержанию](#)

УДК 57.049

И. В. БУЛЬСКАЯ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА И 2-МОНОСАЛИЦИЛАТ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ КОЛЕУСА

Введение. При выращивании декоративных растений распространенными проблемами являются низкая всхожесть семян, плохо приживающаяся рассада, подверженность заболеваниям и воздействию стресс-факторов. Успешному решению перечисленных проблем способствует применение регуляторов роста. Действие регуляторов роста весьма разнообразно и заключается во влиянии на обмен веществ, ускорении прорастания семян и развития корней, наступления фазы цветения, повышению адаптационной способности, снижению поступления ксенобиотиков, повышению продуктивности. Важное место среди регуляторов роста занимают природные и искусственно синтезированные растительные гормоны [1]. Примером таких гормонов могут служить brassinosteroids – нетоксичные, применяемые в чрезвычайно низких дозах природные растительные гормоны, способные улучшить рост сельскохозяйственных и декоративных культур без использования химических удобрений [2].

В качестве тест-объекта в данном исследовании был выбран колеус (*Coleus*), сорт колеус Блюме вечерняя заря. Колеус – род травянистых многолетних растений из семейства яснотковые (*Lamiaceae*). Семена яснотковых, как правило, отличаются быстрым прорастанием. Однако характер прорастания различный: у большинства видов энергия прорастания высокая (максимум проростков появляется в течение первых восьми дней); если за это время проросли не все жизнеспособные семена, в дальнейшем их прорастание растянуто. Лабораторная всхожесть семян значительно варьирует [3].

Колеус Блюма или колеус Блюме (*Plectranthus scutellarioides*, или *Coleus blumei*) – это растение рода Колеус (*Coleus*). Представляет собой полукустарник со стеблями высотой до 80 см. Колеус Блюма размножается преимущественно черенками, которые укореняют в воде или непосредственно в почве. Возможно также размножение семенами. Растение является исходной формой для большинства сортов и поэтому хорошо подходит для исследования влияния brassinosteroids на род Колеус [4].

Материалы и методы исследования. Выбор оптимальной концентрации 24-эпикастерона (ЭК) и 2-моносалицлат 24-эпикастерона (S23), оказывающей стимулирующее действие на развитие проростков колеуса (сорт колеус Блюме вечерняя заря), был основан на результатах лабораторного опыта по оценке всхожести, проведенного в соответствии с общепринятыми методиками [3; 5].

Для проведения вегетационного опыта после предварительного замачивания семян в течение пяти часов в растворах ЭК и S23 семена колеуса высевали в горшки в почву. Горшки помещали в климатизированное помещение, расставляли в случайном порядке и поливали ежедневно (50 % полевой влажности почвы). В качестве контроля использовались растения, поливавшиеся водой.

Растения собирают через три недели на стадии двух-трех настоящих листьев. Определяют всхожесть, сырую массу, длину побега и корня и биохимические показатели растений: содержание фотосинтетических пигментов и активность каталазы по стандартным методикам [6; 7]. Статистический анализ был проведен с использованием программы Excel Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. По результатам лабораторного опыта для проведения вегетационного опыта были выбраны следующие концентрации брассиностероидов: 10^{-10} М для ЭК, 10^{-11} М для S23.

Результаты воздействия ЭК и S23 на морфометрические параметры проростков колеуса представлены на рисунке 1.

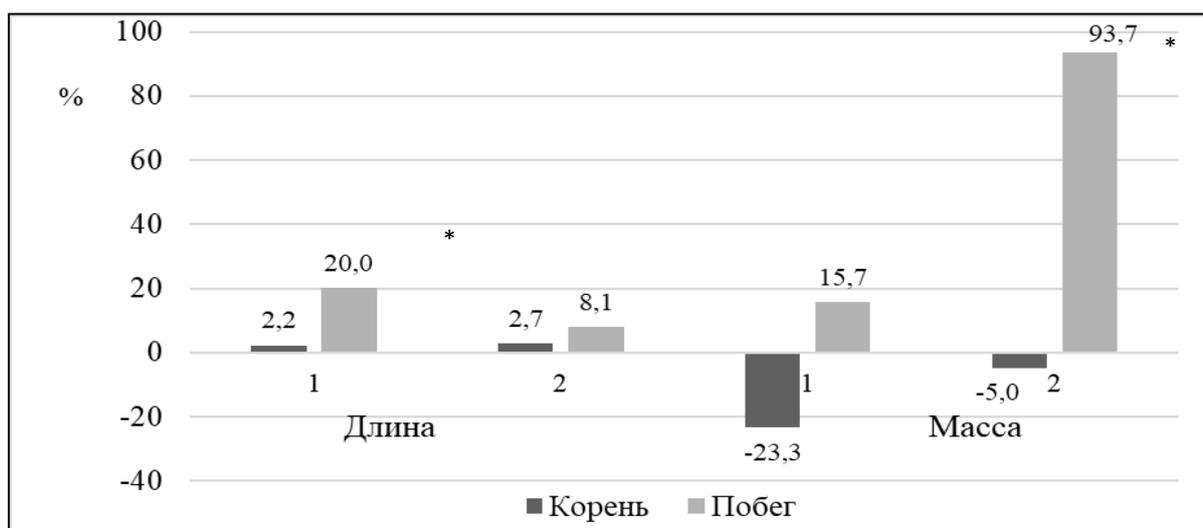


Рисунок 1 – Влияние ЭК и S23 на морфометрические параметры колеуса, % относительно контроля: 1 – ЭК, 2 – S23

Примечание – * – достоверно по t-критерию Стьюдента при $P = 0,05$.

Средняя длина корней и побегов после обработки семян изученными гормонами была незначительно выше контрольного опыта. Массы корня после обработки ЭК и S23 ниже контрольного опыта, а массы побегов в опытных вариантах выше контроля. Для ЭК в научной литературе отмечается стимулирующее воздействие на рост вегетативных органов (для клевера лугового, льна масличного), в первую очередь корней [8; 9].

Результаты воздействия ЭК и S23 на биохимические параметры проростков колеуса представлены на рисунке 2. Так, активность каталазы была выше в опытных образцах по сравнению с контролем. Показано, что для растений разных видов в физиологических концентрациях brassinosteroids способствуют повышению активности антиоксидантных ферментов [10].

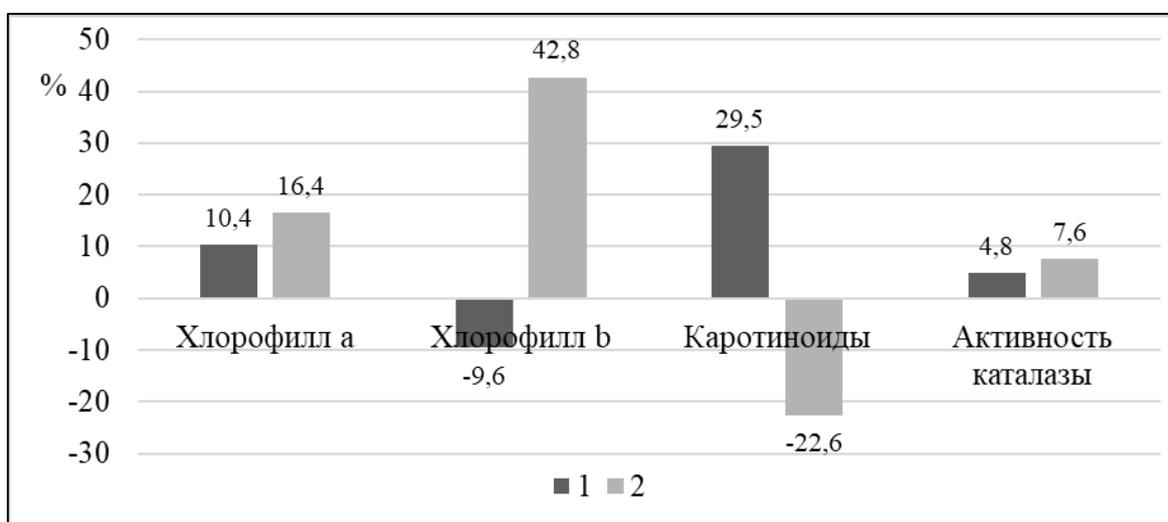


Рисунок 2 – Действие эпикастастерона и 2-моносалицилат 24-эпикастастерона на содержание пигментов в листьях колеуса и активность каталазы, % относительно контроля (1 – ЭК, 2 – S23)

Содержание пигментов в опытных и контрольных образцах отличалось следующим образом: содержание хлорофилла *a* повысилось при обработке ЭК и S23; содержание хлорофилла *b* снизилось при обработке ЭК и повысилось при обработке S23; содержание каротиноидов повысилось при обработке ЭК и снизилось при обработке S23.

Заключение. Обработка ЭК более выражено сказалась на длине побега и содержании каротиноидов, а обработка S23 на массе побега и содержании хлорофиллов. Обработка семян колеуса (сорт колеус Блюме вечерняя заря) протестированными гормонами привела к некоторому улучшению ростовых и биохимических показателей в условиях вегетационного опыта, однако невысокое количество достоверных отличий

от контрольных опытов говорит о недостаточной степени влияния протестированных гормонов методом предпосевной обработки семян.

Дальнейшие исследования целесообразно проводить в направлениях изучения видовой специфичности ответов растений и внекорневой обработки растений колеуса.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosterоидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биооргхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» на 2021–2025 годы (№ ГР 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усова, К. А. Экологически безопасные высокоэффективные регуляторы роста растений для цветочно-декоративных культур (обзор российской литературы) / К. А. Усова, С. Л. Белопухов, И. Г. Шайхиев // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2016. – Т. 19, № 21. – С. 193–198.

2. Brosa, C. Biological Effects of Brassinosteroids / C. Brosa // Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology. – 1999. – № 34 (5). – P. 339–358.

3. Фомина, Т. И. Особенности прорастания семян декоративных многолетников семейства (*Lamiaceae* Martinov) / Т. И. Фомина // Изв. Уфим. науч. центра РАН. – 2018. – № 4. – С. 60–64.

4. Колеус Блюма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1443594#cite_ref-autogenerated1_2-1. – Дата доступа: 02.12.2023.

5. Deno, N. C. Second supplement to seed germination theory and practice / N. C. Deno. – State College PA., 1998. – P. 101.

6. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – М. : Академия, 2006. – 256 с.

7. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лаб. дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.

8. Хомюк, Я. В. Влияние эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры *Trifolium pratense* L. / Я. В. Хомюк, Е. Г. Артемук, Р. П. Литвиновская // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2022. – № 2. – С. 52–62.

9. Ходянков, А. А. Эпикастастерон – новый отечественный регулятор роста для льна масличного [Электронный ресурс] / А. А. Ходянков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberl>

eninka.ru/article/n/epikastasteron-novyuy-otchestvennyy-regulyator-rosta-dlya-lina-maslichnogo. – Дата доступа: 25.10.2023.

10. АФК-зависимое стресс-протекторное действие 24-эпикастастерона и его моносалицилата на проростки пшеницы при гипертермии / Р. П. Литвиновская [и др.] // Приклад. биохимия и микробиология. – 2021. – Т. 57, № 6. – С. 605–612.

[К содержанию](#)

УДК 667.6

С. А. БЯШИМОВА, Б. О. АТДАЕВ

Туркменистан, Ашхабад, ИТУТ имени Огуз хана

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРАСКИ, ОТРАЖАЮЩЕЙ СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛО, ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ТУРКМЕНИСТАНА

Аннотация. Краска, отражающая солнечное тепло, значительно снижает температуры поверхностей, отражая практически каждую волну солнечной радиации, попадающую на них. Принцип ее работы основывается на пассивном радиационном охлаждении – методе для переноса тепла в космическое пространство, без необходимости использования электричества или выделения загрязнений. Она может одновременно решить три глобальные проблемы: энергетический кризис, глобальное потепление и загрязнение воздуха. В этой работе экспериментально продемонстрировано полное дневное охлаждение ниже температуры окружающей среды с использованием краски с частицами сульфата бария. Частицы сульфата бария были синтезированы с использованием хлорида бария, сульфата натрия и динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты под воздействием ультразвука. Морфология частиц сульфата бария была изучена с использованием оптического микроскопа. Отражательная способность синтезированных частиц в солнечном спектре была проверена на спектрофотометре. Полевое исследование было проведено с использованием инфракрасного термометра. Температуры поверхностей с нанесенной краской с синтезированными частицами сульфата бария, обычной белой алкидной краской и поверхности без нанесения краски были измерены под прямыми солнечными лучами и сравнены с температурой окружающей среды.

Ключевые слова: сульфат бария, радиационное охлаждение, отражательная способность, тепловое излучение, краска.

Растущее давление общества на снижение потребления энергии и повышение энергетической эффективности привело к поиску новых технологий для достижения этой цели. Несмотря на увеличение производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии, важным фактом является то, что затраты на энергию могут быть значительно сокращены в большинстве областей. Среди этих областей системы охлаждения выделяются своей энергетической неэффективностью. Кроме того, как экономические, так и энергетические затраты на такие системы растут из-за глобального потепления, которое усугубляется выработкой энергии для них, образуя петлю, которая наносит все больший ущерб окружающей среде.

Решением этой проблемы является радиационное охлаждение – физическое явление, при котором любой земной объект теряет тепло в виде излучения, которое отправляется в космическое пространство. Этот процесс можно объяснить теорией излучения черного тела и атмосферным окном. Согласно теории излучения черного тела, любой объект при температуре выше 0 К излучает энергию на всех длинах волн, при этом его пик излучения и спектральное положение модулируются его температурой. Атмосферное окно представляет собой полосу частот, в которой атмосфера прозрачна для излучения, что позволяет волнам определенных частот свободно пересекаться. Эти явления обеспечивают прямую передачу тепла между Землей и космосом, который холоден и почти бесконечен, что делает его отличным хранилищем избыточного тепла, не тратя при этом энергии [1].

BaSO₄ был выбран в качестве пигмента из-за его широкой запрещенной зоны для малого солнечного поглощения и фоновый резонанс на 9 мкм для высокой излучательной способности. Благодаря этим характеристикам, удалось создать краску из частиц BaSO₄ с высоким коэффициентом отражения солнечного света и высоким коэффициентом излучения прозрачного окна [2].

Инфракрасное излучение может проходить через сухой чистый воздух в диапазоне длин волн 8–13 мкм. Материалы, которые могут поглощать энергию и излучать ее на этих длинах волн, обладают сильным охлаждающим эффектом. Материалы, которые также могут отражать 95 % или более солнечного света в диапазоне от 200 нанометров до 2,5 мкм, могут охлаждаться даже под прямыми солнечными лучами. Эта краска обладает всеми этими свойствами и поэтому может достигать охлаждения в дневное время [3, с. 29].

Для изготовления краски были использованы:

- хлорид бария – необходим для синтеза частиц сульфата бария;
- сульфат натрия – необходим для синтеза частиц сульфата бария;

– этанол (96 %) – необходим для приготовления среды для коллоидной системы;

– дистиллированная вода – необходима для увеличения отражательной способности.

Динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты необходима для преобразования частиц $BaSO_4$ из аморфных в наносферы, поскольку комплексообразователь ЭДТА контролирует перенасыщение Ba^{2+} в растворе для достижения гомогенной нуклеации, чтобы синтезировать сульфат бария с однородным размером частиц, он временно связывается с растворенными ионами бария, поэтому проходит некоторое время, прежде чем они вступают в реакцию [4].

Водяной раствор сульфата бария был смешан с водяным раствором динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты в молярном соотношении 1 : 1. Полученный раствор был смешан с водяным раствором сульфата натрия под воздействием ультразвука на средней частоте в течение трех минут. Полученный осадок сульфата бария был отфильтрован и высушен. Сульфат бария, этанол и дистиллированная вода были смешаны в массовом соотношении 2 : 1 : 1.

Отражательная способность частиц сульфата бария была проверена на спектрофотометре в диапазоне длин волн от 250 нм до 700 нм. Она достигла отметки выше 97 % (рисунок 1). Спектральный анализ в указанном выше диапазоне был сравнен со спектральным анализом частиц диоксида титана (рисунок 2). Радиационное охлаждение диоксида титана ограничено его недостаточной отражательной способностью солнечного спектра из-за его поглощательной способности в ультрафиолетовом регионе.

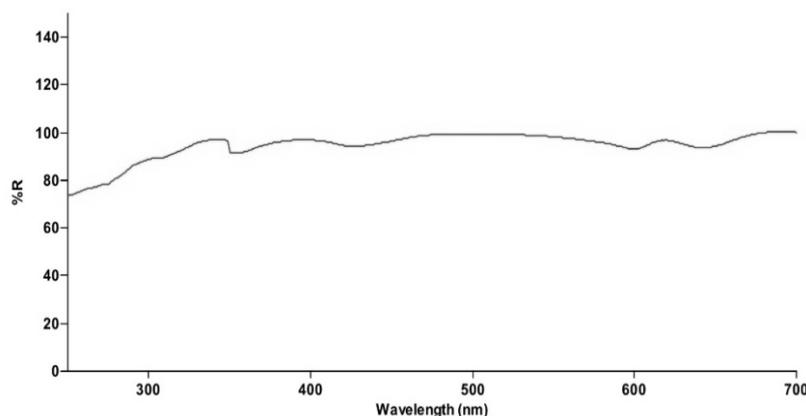


Рисунок 1 – Спектральный анализ синтезированных частиц сульфата бария, сделанный на спектрофотометре модели «Cary 5000 UV-Vis-NIR, Agilent technologies»

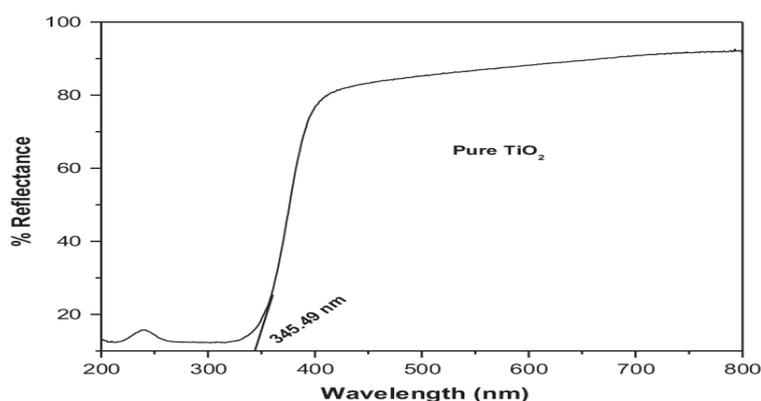


Рисунок 2 – Спектральный анализ наночастиц диоксида титана [5]

Структура синтезированных частиц сульфата бария и коммерческого сульфата бария были сравнены на оптическом микроскопе. Сульфат бария, синтезированный указанным выше способом, имеет более равномерные форму и размер в сравнении с коммерческим сульфатом бария. За счет этого его отражательная способность является выше.

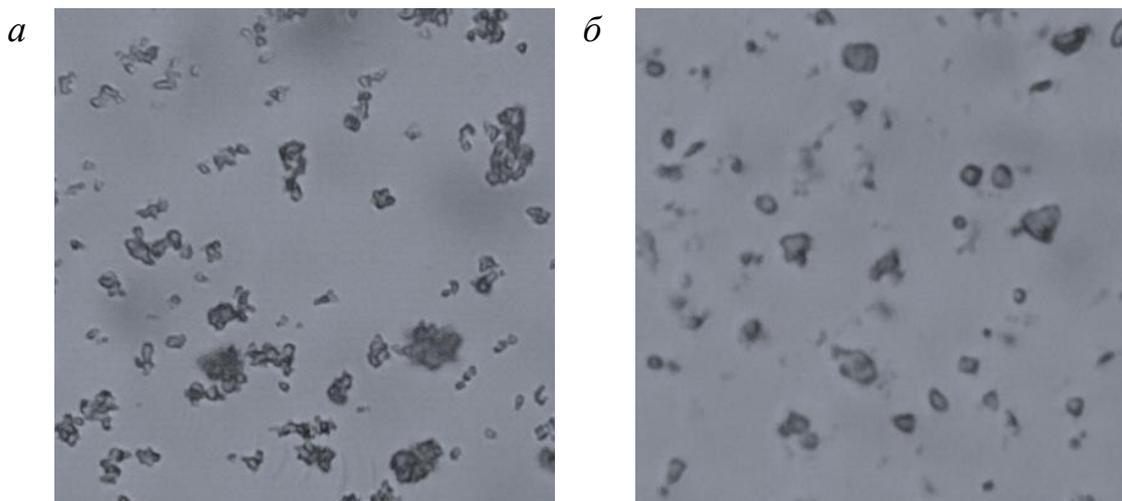


Рисунок 3 – а) микроскопический снимок синтезированных частиц сульфата бария; б) микроскопический снимок коммерческого сульфата бария

Полевое исследование было проведено 6 января 2024 года при температуре окружающей среды 24,1 °С с 12:00 до 15:00 часов под прямыми лучами солнца. Температуры поверхностей с нанесенной краской с синтезированными частицами сульфата бария, обычной белой алкидной краской и поверхности без нанесения краски были измерены под прямыми солнечными лучами и сравнены с температурой окружающей

среды. Изначальные температуры трех образцов – 19,1 °С, 18,2 °С и 17,8 °С соответственно. По прошествии трех часов итоговые температуры трех образцов были равны 21,5 °С, 32,7 °С и 41,7 °С соответственно. Синтезированная краска оказалась на 2,6 °С ниже температуры окружающей среды, у остальных же образцов температура повысилась.

Использование данной краски не требует больших затрат или специфического оборудования. Производить и использовать ее будет просто и выгодно. Она может стать более экологичной и экономичной заменой классических методов охлаждения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Capdevila, C. L. Metamaterials for radiative cooling / C. L. Capdevila. – Public University of Navarre, 2021. – P. 5–44.
2. Remarkable daytime sub-ambient radiative cooling in BaSO₄ nanoparticle films and paints / Xiangyu Li [et al.] // Materials Science, Physics, Engineering. – 2020. – P. 1–23.
3. Young, D. A. Passive radiative cooling by spectrally selective nanoparticles in thick film nanocomposites / D. A. Young. – USF Tampa Graduate Theses and Dissertations. University of South Florida, 2022. – P. 29–31.
4. Formation and application of high reflectivity controllable Barium Sulfate microspheres / Yuejiao Liu [et al.] // Crystals. – 2018. – № 8. – P. 2–9.
5. Structural, optical and morphological analyses of pristine titanium dioxide nanoparticles / P. Praveen [et al.] // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2014. – № 117. – P. 622–629.

[К содержанию](#)

УДК 581:634.8:58.04

А. В. ВАСИЛЕВСКАЯ¹, Н. Ю. КОЛБАС^{2,3}

¹ Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

² Беларусь, Минск, Центральный ботанический сад НАН Беларуси

³ Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт
НАН Беларуси

РОЛЬ ЭКЗОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ БРАССИНОСТЕРОИДАМИ ПЛОДОВ *VITIS L.* ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ

Ягоды винограда – ценный продукт питания и сырье для пищевой, косметической и фармакологической промышленности, что обусловлено в первую очередь их биохимическим составом. Плоды винограда содержат

мощный комплекс биологически активных веществ, который представлен микро- и макроэлементами, витаминами, фенольными соединениями, в том числе и антоцианами [1]. Чрезвычайно широк спектр положительного биологического воздействия фенольных соединений на организм человека: они обладающие высокой антиоксидантной активностью (АОА) и лечебно-профилактическим действием по отношению к ряду заболеваний [2].

Максимальная АОА достигается чаще при полном вызревании плодов винограда, что в условиях Беларуси не всегда возможно. Однако достичь полной технической зрелости возможно за счет экзогенной обработки фитогормонами, физиологическое действие которых зависит от срока обработки, концентрации активного вещества, состояния растений и других параметров [3]. Так, одно и то же действующее вещество в различных условиях может действовать на растение по-разному.

В настоящее время активно изучаются и интегрируются в хозяйственную деятельность растительные гормоны полиоксистероидной природы – brassinosteroids (БС). Их регуляторная роль проявляется в стимуляции процессов роста, интенсивности фотосинтеза, стрессовых реакций, изменениях белкового обмена, транспорта ионов и многих других аспектах обмена веществ [4].

В рамках исследования нами изучено влияние следующих представителей БС – эписбрасинолида (ЭБ), эпикастастерона (ЭК) и конъюгата ЭК с янтарной кислотой – тетра-сукцинатом 24-эпикастастерона (СК) на антиоксидантную активность различных сортов винограда (*Vitis L.*), произрастающих в условиях г. Бреста.

Для проведения эксперимента были отобраны два сорта винограда, которые наиболее популярны для культивирования в Республике Беларусь, – Минский розовый, сорт универсального использования, и технический сорт Альфа, а также сортообразец винограда (V-1), который произрастает на территории отдела агробиологии БрГУ имени А. С. Пушкина (г. Брест). Выбранные тест-объекты характеризуются хорошей степенью вызреваемости лозы, высокой урожайностью, устойчивостью к болезням и вредителям, повышенной зимостойкостью и являются перспективными сортами смешанного использования.

Выбор рабочих БС, а также подбор концентраций осуществлялся после анализа литературных данных и лабораторных экспериментов [4; 5]. Таким образом, для обработки ЭБ были выбраны концентрации 10^{-5} и 10^{-6} моль/л, а для обработки ЭК и его конъюгатом использовали 10^{-8} и 10^{-10} моль/л растворы.

Согласно имеющимся данным обработку плодов винограда ведут на последней стадии созревания (у красноплодных сортов 50 % ягод в кисти приобрели окраску) до наступления полной зрелости (ягоды пригодны к сбору). Данный параметр обуславливает выбранные сроки

обработки каждого из тест-объектов в 2022 и 2023 гг. (таблица). Сбор обработанных плодов, а также контрольных (обработаны дистиллированной водой) проводили до первых заморозков. В день сбора плоды сепарировали, получали виноградный сок, который далее анализировали. АОА определяли по методу АВТС [6] и выражали в ммоль тролокс-эквивалент на литр сока, полученного из 100 г плодов. Тролокс (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновая кислота) – водорастворимый аналог витамина Е, наиболее часто применяемый стандарт АОА для биологически активных веществ [7].

Таблица – Даты обработки и сбора тест-объектов

Тест-объект	Дата обработки		Дата сбора	
	2022	2023	2022	2023
Альфа	17.09	09.09	24.10.22	13.11
Минский розовый	20.09	20.09	31.10.22	20.11
V-1	01.10	11.09	07.11.22	03.11

Все опыты выполнены в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

АОА, оцененная методом АВТС для контрольных сортообразцов, варьировала в пределах 2,56–5,09 мм ТЭ/л в 2022 г. и снижалась в последовательности: Минский розовый > V-1 > Альфа; в 2023 г. показатели АОА варьировали в пределах 2,85–4,485 мм ТЭ/л и снижались в последовательности V-1 > Минский розовый > Альфа.

Наилучший отклик на экзогенную обработку отмечен со стороны плодов винограда сорта Альфа в оба года исследования (рисунок): при действии 10^{-6} М раствора ЭБ параметр в среднем возрастает на 9,66 % относительно контроля. Значительный рост АОА (в среднем на 94,71 % в сравнении с контролем) для плодов сорта Альфа отмечен после обработки ЭК в концентрации 10^{-8} моль/л. Незначительный рост параметра наблюдается при обработке плодов БС: 10^{-8} М раствором СК – на 17,67 % (2022), в концентрации 10^{-10} моль/л в среднем повышение АОА составило 14,13 % относительно контроля.

Для сорта Минский розовый в 2022 г. исследования при обработке БС отмечено только снижение параметра относительно контроля: при действии ЭБ в среднем на 18,97 %, ЭК – 25,94 % и СК на 7,49 %. В 2023 г. наблюдается положительная тенденция при действии ЭК в концентрации 10^{-8} моль/л: значение АОА относительно контроля возрастает на 21,1 %, а также при действии его конъюгата параметр повышается в среднем на 12,88 % (рисунок).

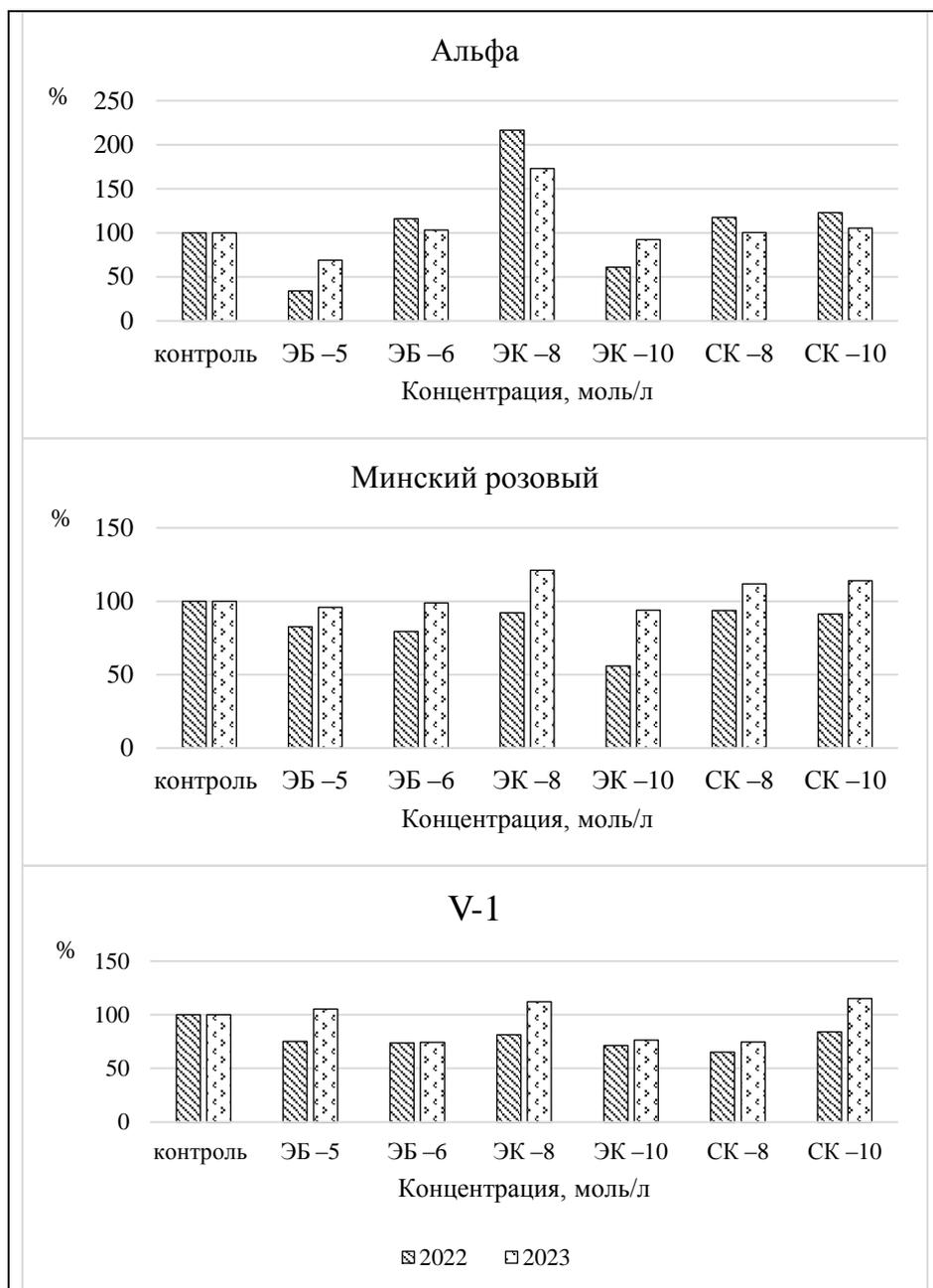


Рисунок – Изменение антиоксидантной активности плодов *Vitis* при обработке brassinостероидами (относительно контроля): ЭБ -5, ЭБ -6 – эпибрасинолид в концентрации 10^{-5} моль/л и 10^{-6} моль/л соответственно; ЭК -8, ЭК -10 – эпикастастерон в концентрации 10^{-8} моль/л и 10^{-10} моль/л соответственно; СК -8, СК -10 – тетраСУКЦИНАТА 24-эпикастастерона в концентрации 10^{-8} моль/л и 10^{-10} моль/л соответственно

Результаты исследования показывают, что для ЭБ высокая концентрация (10^{-5} моль/л) оказалась менее эффективной, а в концентрации 10^{-6} моль/л ЭБ может быть использован с целью увеличения АОА

только для тест-объекта Альфа, другие тест-объекты при экзогенной обработке плодов ЭБ роста параметра не показали. Для ЭК из двух исследуемых концентраций наиболее эффективной оказалась большая концентрация (10^{-8} моль/л): отличную отзывчивость на экзогенную обработку продемонстрировали плоды винограда сорта Альфа, также положительная динамика отмечена для сорта Минский розовый и сортообразца V-1 во второй год исследования. Конъюгат ЭК с янтарной кислотой более стабильные результаты показал при использовании раствора с концентрацией активного вещества 10^{-10} моль/л: также положительная динамика отмечается для тест-объекта Альфа (в оба года исследования), а для тест-объекта Минский розовый и сортообразца V-1 в 2023 г.

Таким образом, отмечается сортоспецифичный ответ при экзогенной обработке винограда БС. Для повышения АОА плодов сорта Альфа можно рекомендовать обработку 10^{-8} М раствором ЭК, а также конъюгатом ЭК с янтарной кислотой в концентрации 10^{-10} моль/л. Для других тест-объектов положительный отзыв параметра отмечен только в 2023 г. Для разработки рекомендаций по применению экзогенной обработки БС с целью повышения АОА плодов *Vitis* требуются дополнительные исследования.

*Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ № Б22М-054, подзадания «Исследование влияния и разработка на его основе практических рекомендаций по применению методов обработки подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) и винограда (*Vitis* L.) брассиностероидами и их конъюгатами» (№ ГР 20221039 от 01.07.2022).*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лойко, Р. Э. Северный виноград / Р. Э. Лойко. – М.: Изд. дом МСП, 2005. – 256 с.
2. Олешук, Н. Е. Виноградарство в Республике Беларусь: состояние и перспективы / Н. Е. Олешук, Е. Г. Попов // Наше сел. хоз-во. Агрономия. – 2013. – Вып. 7. – С. 94–98.
3. Гинда, Е. Ф. Дифференцированный подход к применению регуляторов роста в виноградарстве в условиях Приднестровья: монография / Е. Ф. Гинда; науч. ред. проф. В. Ф. Хлебников. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2017. – 172 с.
4. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза [и др.]; под общ. ред. С. Э. Карозы; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2019. – 261 с.
5. Brassinosteroids are involved in controlling sugar unloading in *Vitis vinifera* «Cabernet Sauvignon» berries during veraison / F. Xu [et al.] // Plant Physiology and Biochemistry. – 2015. – Vol. 94. – P. 197–208.

6. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // Free Radical Biology and Medicine. – 1999. – Vol. 26, № 9/10. – P. 1231–1237.

7. Riedl, K. M. Tannin-protein complexes as radical scavengers and radical sinks / K. M. Riedl, A. E. Hagerman // J. Agric. Food Chem. – 2001. – Vol. 49, № 10. – P. 4917–4923.

[К содержанию](#)

УДК 58.01/.07

А. В. ВАСИЛЕВСКАЯ, М. В. РУСАВУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА ОДНОЛЕТНЕГО ПРИ ДЕЙСТВИИ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТА ТЕТРАСУКЦИНАТ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА В ПОЛЕВОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Применение биологически активных веществ в сельскохозяйственной деятельности позволяет более полно реализовать потенциальные возможности растений за счет регулирования таких важных процессов, как закладка и рост корней, рост стебля, листьев, переход к цветению, продолжительность цветения, а также за счет снижения повреждающего действия неблагоприятных факторов окружающей среды [1]. К такой группе биологически активных и экологически безопасных веществ относятся брассиностероиды (БС) – фитогормоны, которые по химическому строению являются полиоксистероидами и в структурном отношении особенно близки к экдизонам [2]. На сегодняшний день ИБОХ НАН Беларуси синтезированы новые соединения – это конъюгаты БС с органическими кислотами, изучение которых является очень актуальным, так как считается, что данная группа веществ обладает потенциальной регуляторной и биологической активностью наравне с БС и органическими кислотами, которые самостоятельно являются гормонами растений или обладают регуляторными свойствами [3].

Для проведения исследования был выбраны 24-эпикастастерон (ЭК) и его конъюгат – тетрасукцинат 24-эпикастастерона (СК). Данный эфир сочетает в одной молекуле остаток янтарной кислоты с брассиностероидным фрагментом. Биологическое действие СК впервые исследовано на перспективной для Республики Беларусь сельскохозяйственной

культуре – подсолнечнике однолетнем сорта Гелиос. Подбор рабочих концентраций (10^{-8} и 10^{-10} моль/л) осуществлялся в ходе лабораторного исследования [4].

Для полевого испытания были выбраны два варианта опыта: предпосевная обработка семян (замачивание в течение пяти часов) и опрыскивание растений на стадии появления первой пары настоящих листьев (V1) и на стадии бутонизации (R3). В качестве контроля выступали вариант с замачиванием в дистиллированной воде и обработка дистиллированной водой. Закладка полевого опыта осуществлялась 17.05.2023 на опытном поле отдела «Агробиология» БрГУ имени А. С. Пушкина, первые всходы появились 03.05.2023. В течение вегетационного периода были осуществлены все необходимые агротехнические мероприятия: прополки, рыхление почвы, подкормка и др., а также произведены измерения высоты стебля изучаемых растений (рисунок).

В ходе проведенных полевых исследований установлено положительное действие БС при предпосевной обработке семян подсолнечника сорта Гелиос на их всхожесть: лучший показатель всхожести (93 %) отмечен при замачивании семян в растворе СК 10^{-8} М. Также положительное действие на данный параметр отмечено при использовании конъюгата в концентрации 10^{-10} моль/л – всхожесть составляет 89 %. При замачивании семян в других исследуемых комбинациях брассиностероидов положительного эффекта на их всхожесть не выявлено.

Оценка роста стимулирующего эффекта использования фитогормонов показала следующие результаты: при внекорневой обработке растений подсолнечника положительный эффект отмечен только для ЭК 10^{-8} М (рисунок, а). В начале вегетационного сезона ростовые параметры возрастают в среднем на 26,6 % по сравнению с контролем. Данный эффект позволяет растениям подсолнечника на ранних этапах развития активно конкурировать с сорняками. К концу вегетационного сезона превышение ростовых параметров над контролем снижается до 10,5 %. Использование ЭК во второй исследуемой концентрации (10^{-10} моль/л) не оказывает достоверного влияния на ростовые параметры.

Конъюгат ЭК с янтарной кислотой при внекорневой обработке растений подсолнечника показал рост ингибирующий эффект на ранних стадиях вегетации: снижение параметра составляет в среднем 17,5 %, к концу периода вегетации ингибирующий эффект СК ослабевает и достоверных различий с контролем не отмечено.

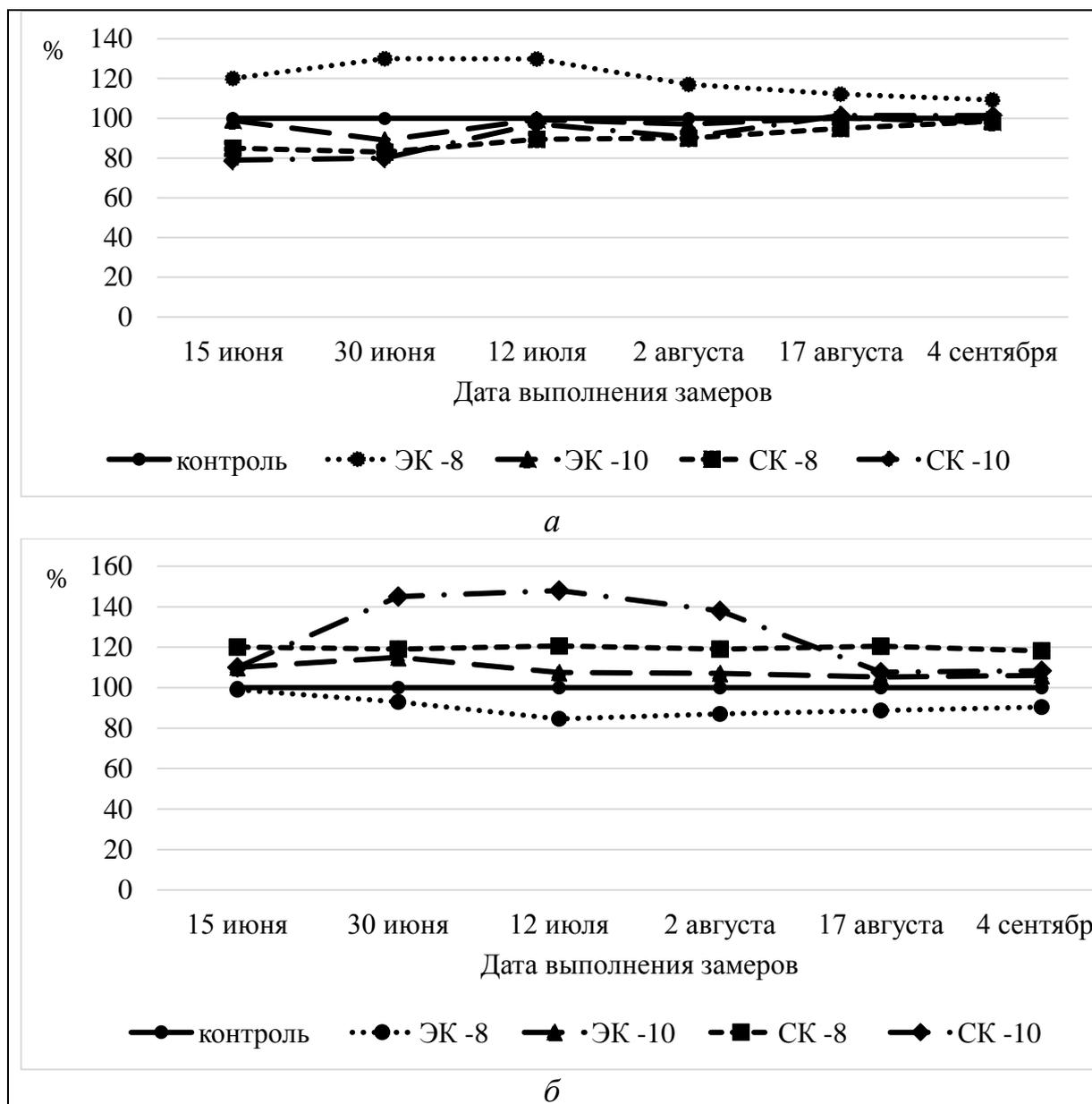


Рисунок – Динамика высоты стебля *Helianthus annuus* L. сорта «Гелиос» относительно контроля за период наблюдения (а – внекорневая обработка (опрыскивание); б – предпосевная обработка (замачивание))

При предпосевной обработке семян ЭК в исследуемых концентрациях положительный эффект отмечен только для концентрации 10^{-10} моль/л (рисунок, б): на ранних этапах возрастание параметра составляет 10–15 %, а в конце сезона ростовые параметры отличаются от контроля незначительно (в среднем плюс 6 % к контролю). ЭК в концентрации 10^{-8} моль/л в начале фазы вегетации не оказывает достоверного влияния на параметр, а к концу вегетации отмечается только

ингибирующее действие: ростовые показатели в среднем снижены на 12,75 %.

Все выбранные концентрации конъюгата СК оказывают стабильный положительный эффект на динамику роста подсолнечника на всех стадиях. При замачивании семян в СК в концентрации 10^{-8} моль/л ростовая динамика возрастает на 20 % относительно контроля и не снижается в ходе всего периода вегетации. Использование СК в концентрации 10^{-10} моль/л показало следующий результат: в начале сезона ростовые показатели возрастают в среднем на 46 %. Столь существенный эффект, вероятно, связан со стресс-фактором (засуха), что, согласно литературным данным, активизирует работу фитогормонов [2]. К концу вегетации ростовые различия при использовании СК 10^{-10} М почти не различимы с контролем.

Таким образом, в ходе полевого эксперимента установлен положительный эффект предпосевной обработки семян подсолнечника на их всхожесть раствором СК. Положительная динамика роста при внекорневой обработке растений подсолнечника отмечена только при использовании ЭК в концентрации 10^{-8} моль/л. При предпосевной обработке растений подсолнечника ЭК в исследуемых концентрациях положительное действие отмечено только для концентрации 10^{-10} моль/л. Конъюгат СК при замачивании семян показывает хороший результат в двух исследуемых концентрациях.

*Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ № Б22М-054, подзадания «Исследование влияния и разработка на его основе практических рекомендаций по применению методов обработки подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) и винограда (*Vitis* L.) брассиностероидами и их конъюгатами» (№ ГР 20221039 от 01.07.2022).*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясюкевич, Т. В. Применение брассиностероидов в Беларуси и за рубежом / Т. В. Ясюкевич // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси : материалы X Междунар. молодеж. науч.-практ. конф., Пинск, 15 апр. 2016 г. : в 2 ч. / Полес. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск, 2016. – Ч. 2. – С. 447–448.
2. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 285 с.
3. Синтез тетрагемисукцинатов брассиностероидов и их влияние на начальный рост растений ярового ячменя / Р. П. Литвиновская [и др.] // Биоорганическая химия. – 2022. – Т. 48, № 3. – С. 352–356.
4. Хомюк, Я. В. Изменение морфометрических параметров подсолнечника однолетнего при действии 24-эпикастастерона и его тетрагемисукцината в лабораторных и полевых условиях / Я. В. Хомюк, А. В. Василевская, Р. П. Литвиновская // Материалы Международной

научной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения чл.-кор. НАН Беларуси Е. А. Сидоровича, Минск, 9–10 марта 2023 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – С. 117–120.

К содержанию

УДК 543.8:543.4:543.5

Е. В. ВОРОБЬЁВА, С. Г. КАРПОВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

Россия, Москва, ИБХФ имени Н. М. Эмануэля РАН

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ АНТИОКСИДАНТА N-ФЕНИЛ-2-НАФТИЛАМИНА ПРИ ТЕРМОКОНТАКТЕ С МЕДЬЮ

Стабилизацию структуры полиолефинов проводят путем введения в его структуру антиоксидантов (или стабилизаторов). Среди промышленных антиоксидантов наиболее успешно используются водород-донорные антиоксиданты, которые по своей химической структуре представляют собой вторичные ароматические амины или затрудненные фенолы. Наличие металлов переменной валентности или их соединений в составе полимера приводит к катализу окисления и быстрому расходу антиоксиданта. Но в некоторых исключительных случаях влияние металла может привести к увеличению ингибирующей способности антиоксиданта. Так, установлен эффект увеличения ингибирующей способности антиоксиданта неозона Д (N-фенил-2-нафтиламина) в полиэтилене в присутствии меди или ее соединений [1; 2]. Ряд исследований, проведенных при изучении этого эффекта, показал, что причиной возрастания термоокислительных свойств полимерного материала является непосредственное взаимодействие антиоксиданта неозона Д и меди [2].

Цель работы – изучить изменения структуры N-фенил-2-нафтиламина в условиях термоконтакта с медью.

В экспериментах использовали антиоксидант неозон Д (N-фенил-2-нафтиламин, CAS 135-88-6; $C_{16}H_{13}N$) и продукт, полученный термоокислением неозона Д на поверхности меди в течение 10 ч при температуре 150 °С. Структуру получаемого продукта изучали спектрофотометрическим методом (спектрофотометры Solar PB2201A, Vertex 70), спектры регистрировали в УФ, видимой и ближней ИК областях. ЭПР-спектры (X-диапазона) регистрировали на автоматизи-

рованном спектрометре ЭПР-В (Институт химической физики РАН). Значение микроволновой мощности в резонаторе не превышало 1 мВт, что позволяло избежать эффектов насыщения, амплитуда модуляции всегда была существенно меньше ширины резонансной линии и не превышала 0,5 Гс. Запись спектров ^{13}C ЯМР осуществлялась в количественном режиме на указанном выше спектрометре с рабочей частотой для ядер ^{13}C 20 МГц. Для уменьшения T1 использовали релаксант – трис-ацетилацетонат хрома, добавляемый в исследуемый раствор.

В УФ-спектрах ацетоновых растворов окисленного продукта N-фенил-2-нафтиламина отмечен сдвиг основного пика поглощения (300–350 нм) в длинноволновую область, что указывает на появление электроноакцепторных заместителей в структуре. ИК-анализ показал снижение интенсивности полосы 1340 см^{-1} (N-H-связь), что доказывает разрушение аминных групп в окисленном соединении.

В спектре ЯМР ^{13}C (растворитель ацетон- d_6). Кроме сигналов растворителя, наблюдается ряд линий, принадлежащих ароматическим атомам углерода: $\delta = 145 \div 110$ м.д. Два самых слабых сигнала (144.4 м.д. и 142.6 м.д.) относятся к атомам углерода, связанным с аминогруппой. После нагревания образцов на медной подложке в течение 10 ч исходное соединение превращается как минимум в три других соединения, имеющих в своем составе кроме ароматических колец также гетероатомы (азот или, возможно, кислород). Это видно по появлению дополнительных сигналов в области $\delta = 148 \div 141$ м.д. Поскольку указанные сигналы имеют обычную ширину и химические сдвиги, можно заключить, что в анализируемой смеси отсутствуют не только соединения меди, но и ее комплексы.

ЭПР-анализ окисленного продукта показал наличие парамагнитных центров в его составе. Причем полученный сигнал ЭПР (дуплет при напряженности поля 3340 Гс) оказался устойчивым во времени. Измерения, проведенные шесть месяцев спустя, полностью повторили сигнал первичного анализа. Значит, при окислении N-фенил-2-нафтиламина в качестве одного из продуктов образуются стабильные радикалы, способные эффективно ингибировать радикальный процесс окисления полимера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лин Д. Г. Влияние аминного антиоксиданта на окисление полиэтилена в контакте с медью / Д. Г. Лин, Е. В. Воробьева // Пластические массы. – 2002. – № 1. – С. 9–11.

2. Lin, D. G. On Increasing the Inhibiting Property of Amine Antioxidant in Contact with Copper and Its Compound / D. G. Lin, E. V. Vorobyova // J. of Applied Polymer Science. – 2010. – Vol. 118, № 5, iss. 3. – P. 1430–1435. DOI: 10.1002/app.32396

[К содержанию](#)

УДК 547.234.1+547.853+004.942

Г. А. ГОРДУНОВ^{1,2}, И. В. МИНЕЕВА^{1,2}

¹Беларусь, Минск, БГУ

²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

**СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ 6-ЗАМЕЩЕННЫХ 5-ЦИАНО-
2-ТИОПИРИМИДИНОНОВ И АНАЛИЗ ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
БИОАКТИВНОСТИ *IN SILICO***

На сегодняшний день гетероциклические соединения находят широкое применение в синтезе фармакологически активных веществ [1]. В частности, производные таких ключевых строительных блоков ДНК и РНК, как пиримидины, проявляют различные виды фармацевтического действия, например, противовирусное [2] и антибактериальное [3]. Не так давно было обнаружено, что некоторые серии производных 5-циано-2-тиоурацила проявляют антимикробную активность по отношению к таким видам бактерий, как золотистый стафилококк *Staphylococcus aureus*, сенная палочка *Bacillus subtilis* и кишечная палочка *Escherichia coli*, а также исключительную противогрибковую активность против простейшего дрожжевого грибка *Candida albicans* и одного из видов плесневых грибов *Aspergillus niger* [4; 5]. В то же время продукты S- и N-алкилирования пиримидин-2-тиона были заявлены как новые цитотоксические средства [6], а также как уникальные ингибиторы обратной транскриптазы ВИЧ [7]. В научной литературе также описаны производные 6-арил-5-циано-2-тиоурацила и их конденсированных гетероциклов, которые проявили свою химиотерапевтическую активность в качестве противораковых агентов [8].

Целью нашего научного исследования стал синтез новых производных 6-замещенных-5-циано-2-тиопиримидинона путем реализации мультикомпонентной реакции с последующим проведением компьютерного моделирования *in silico* для прогнозирования, анализа и дальнейшей оценки их возможной биологической активности.

Методика эксперимента включала в себя проведение двух последовательных стадий синтеза (рисунок). На первой из них смесь коммерчески доступных альдегида **1a-c**, этилцианоацетата **2**, тиомочевины **3** и K_2CO_3 в эквимольном соотношении перемешивали в EtOH при нагревании в течение 5 ч, после чего охлаждали до комнатной температуры [9]. Полученный осадок отфильтровывали, промывали EtOH, растворяли в H_2O и подкисляли HOAc, получая в результате желаемый продукт **4**. Выход после фильтрования и высушивания на воздухе в среднем составил 33 %.

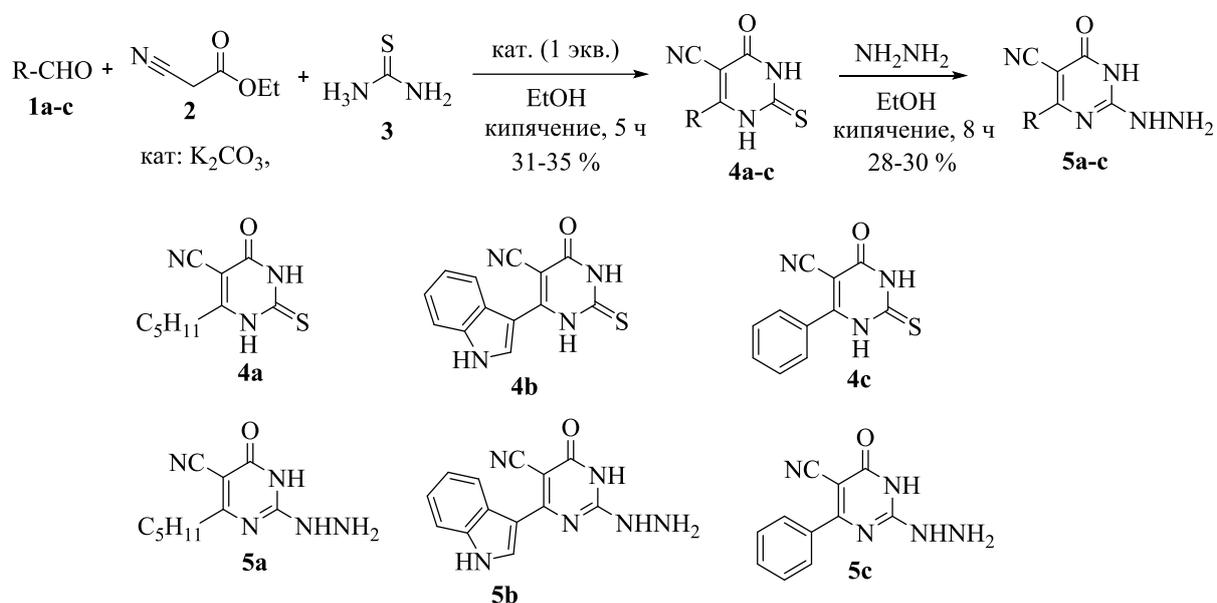


Рисунок – Схема синтеза, структуры и выходы соединений **4** и **5**

На второй стадии синтеза для получения 2-гидразинил-4-замещенных-6-оксо-1,6-дигидропиримидин-5-карбонитрилов, полученного на первой стадии, пиримидин **4** смешивали с N_2H_4 (в молярном соотношении 1 к 4) в EtOH, после чего реакционную смесь выдерживали при постоянном кипячении и перемешивании в течении 8 ч [10]. Полученный продукт **5** далее был отфильтрован, высушен на воздухе и перекристаллизован из диоксана. Выход на этой стадии реакции составил в среднем 29 %.

Структуры всех полученных в результате эксперимента соединений были подтверждены спектроскопическими методами 1H и ^{13}C ЯМР.

Для последующего *in silico* исследования спектра биологической активности производных тиопиримидинона был проведен компьютерный прогноз с использованием программного обеспечения PassOnline для выборки соединений **4a-c** и **5a-c**. В качестве выходной информации была

получена таблица некоторых прогнозируемых видов биоактивности с оценками вероятности наличия каждого вида Pa (Pharmacological Activity) и вероятности отсутствия каждого вида Pi (Pharmacological Inactivity) (таблица).

Результаты прогноза показали, что в анализируемом спектре соединений присутствует широкий диапазон потенциальных мишеней и видов фармакологического действия. Однако наиболее высокие значения прогнозируемой биоактивности были обнаружены у соединений **4c** (Pa = 0,842) и **5c** (Pa = 0,835) как ингибиторов хлоридпероксидазы (*Chloride peroxidase inhibitor*) и β-лизин-5,6-аминомутаза (*Beta-Lysine 5,6-aminomutase inhibitor*) соответственно. Из этого можно сделать вывод, что шансы обнаружить активность в эксперименте *in vitro* у **4c** и **5c** довольно высоки. В то же время найденные вещества могут оказаться близкими структурными аналогами известных лекарств. Полученные результаты, однако, могут существенно помочь в определении видов биологической активности, на которые в первую очередь следует протестировать анализируемое соединение, а также в обнаружении тех веществ, которые с наибольшей вероятностью могут их проявить.

Таблица – Прогнозируемые свойства соединений **4** и **5**

Субстрат	Потенциальное проявление биологической активности	Pa	Pi
4a	Субстрат CYP2C12	0,760	0,045
	Агонист апоптоза	0,677	0,017
	Ингибитор хлоридпероксидазы	0,656	0,016
	Ингибитор гистоновой диацетилазы SIRT1	0,581	0,002
	Цитопротектор	0,577	0,039
	Кислородный захватчик	0,559	0,033
	Ингибитор химозина	0,580	0,081
	Ингибитор сахаропепсина	0,580	0,081
	Ингибитор акроцилиндропепсина	0,580	0,081
	Ингибитор гастриина	0,543	0,045
4b	Ингибитор хлоридпероксидазы	0,752	0,006
	Ингибитор гистоновой диацетилазы SIRT1	0,657	0,002
	Ингибитор гистоновых диацетилаз III класса	0,558	0,002
	Ингибитор гистоновой диацетилазы SIRT2	0,507	0,002
	Ингибитор протеинкиназ (CK1)	0,509	0,004
	Ингибитор аминопептидазы PfA-M1	0,496	0,011
	Хемосенсибилизатор	0,500	0,020
	Ингибитор тиоредоксина	0,513	0,053
	Активатор экспрессии HMGCS2	0,460	0,037
	Антиконвульсант	0,460	0,045

Продолжение таблицы

4с	Ингибитор хлоридпероксидазы	0,842	0,003
	Ингибитор гистоновой диацетилазы SIRT1	0,757	0,002
	Ингибитор гистоновых диацетилаз III класса	0,666	0,002
	Субстрат CYP2C12	0,687	0,059
	Ингибитор центромер-ассоциированных белков	0,627	0,013
	Ингибитор гистоновой диацетилазы SIRT2	0,609	0,002
	Ингибитор тиоредоксина	0,613	0,026
	Лечение острых неврологических расстройств	0,603	0,038
	Ингибитор аминокпептидазы PfA-M1	0,557	0,007
	Ингибитор тестостерон-17 β -дегидрогеназы (NADP+)	0,613	0,086
5a	Ингибитор β -лизин-5,6-аминомутазы	0,776	0,001
	Ингибитор CDK9/циклина T1	0,582	0,005
	Ингибитор тауриндегидрогеназы	0,623	0,050
	Ингибитор реакции Майяра	0,491	0,006
	Периферический вазодилататор	0,462	0,053
	Активатор экспрессии HMGCS2	0,430	0,044
	Антигипертензивное средство	0,419	0,036
	Ингибитор аминокдегидрогеназы	0,406	0,053
	Ингибитор фосфодиэстеразы cAMP	0,406	0,055
	Ингибитор 2-дегидропантоат-2-редуктазы	0,426	0,077
5b	Ингибитор β -лизин-5,6-аминомутазы	0,774	0,001
	Ингибитор CDK9/циклина T1	0,585	0,005
	Активатор экспрессии HMGCS2	0,542	0,023
	Ингибитор фосфодиэстеразы cAMP	0,474	0,033
	Ингибитор сывороточной глюкокортикоид-регулируемой киназы 1	0,447	0,012
	Ингибитор N-метилгидантоиназы (АТР-гидролизующей)	0,452	0,028
	Ингибитор нитрилазы	0,428	0,008
	Ингибитор аминокпептидазы PfA-M1	0,428	0,019
	Ингибитор реакции Майяра	0,417	0,012
	Ингибитор нуклеозидоксидазы (H ₂ O ₂ -образующей)	0,402	0,039
5с	Ингибитор β -лизин-5,6-аминомутазы	0,835	0,001
	Ингибитор N-метилгидантоиназы (АТР-гидролизующей)	0,715	0,004
	Ингибитор нуклеозидоксидазы (H ₂ O ₂ -образующей)	0,720	0,010
	Ингибитор нитрилазы	0,678	0,004
	Ингибитор арилалкилациламидазы	0,665	0,007
	Ингибитор CDK9/циклина T1	0,650	0,004
	Ингибитор 2-дегидропантоат-2-редуктазы	0,642	0,024
	Активатор экспрессии HMGCS2	0,586	0,019
	Ингибитор марганцевой пероксидазы	0,586	0,026
	Ингибитор птериндезаминазы	0,580	0,030

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ (№ гос. регистрации 20211462, 20212310), проекта БРФФИ (№ гос. регистрации

20231239) и ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия», задание «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия 2.2.9» «Синтез новых полифункциональных молекул на основе дигидропиридинов и дигидропиримидинонов(тионов) и оценка их потенциальной биологической активности».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Synthesis and pharmacological activities of pyrano [2, 3-d] pyrimidine and pyrano [2, 3-d] pyrimidine-5-one derivatives as new fused heterocyclic systems / N. F. H. Mahmoud [et al.] // J. Chem. – 2017. – Vol. 2017. – P. 1–7.
2. Shehab, W. S. Synthesis and antitumor/antiviral evaluation of 6-thienyl-5-cyano-2-thiouracil derivatives and their thiogalactosides analogs / W. S. Shehab, H. A. Saad, S. M. Mouneir // Curr. Org. Synth. – 2017. – Vol. 14, № 2. – P. 291–298.
3. A novel and efficient one step synthesis of 2-amino-5-cyano-6-hydroxy-4-aryl pyrimidines and their anti-bacterial activity / M. B. Deshmukh [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2009. – Vol. 44, № 6. – P. 2651–2654.
4. Mohamed, M. S. Novel indolyl-pyrimidine derivatives: synthesis, antimicrobial, and antioxidant evaluations / M. S. Mohamed, M. M. Youns, N. M. Ahmed // Med. Chem. Res. – 2014. – Vol. 23. – P. 3374–3388.
5. Hamouda, A. M. Synthesis of novel pyrimidines thiazolopyrimidines, triazolopyrimidines and pyrimidotriazines as potent antimicrobial agent / A. M. Hamouda // Pharm. Chem. – 2014. – Vol. 6, № 6. – P. 346–357.
6. Synthesis and novel bioactivities of substituted 6-propylthiouracils / S. Prachayasittikul [et al.] // Eur. J. Sci. Res. – 2009. – Vol. 36, № 2. – P. 236–245.
7. Synthesis and biological evaluation of novel dihydro-aryl/alkylsulfanyl-cyclohexylmethyl-oxopyrimidines (S-DACOs) as high active anti-HIV agents / Y. P. He [et al.] // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2011. – Vol. 21, № 2. – P. 694–697.
8. Synthesis, antibacterial and anticancer evaluation of some pyrimidine derivatives / O. A. Fathalla [et al.] // World J. Chem. – 2009. – Vol. 4, № 2. – P. 127–132.
9. Mahmoud, N. F. H. Synthesis of novel substituted tetrahydropyrimidine derivatives and evaluation of their pharmacological and antimicrobial activities / N. F. H. Mahmoud, E. A. Ghareeb // J. Het. Chem. – 2019. – Vol. 56, № 1. – P. 81–91.

10. Synthesis, biological evaluation and molecular docking studies of some pyrimidine derivatives / A. M. Fargualy [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2013. – Vol. 66. – P. 276–295.

[К содержанию](#)

УДК 544.165

Д. И. ГУРЬЕВ, К. М. ВЕРБИЛО, А. В. ЗУРАЕВ

Беларусь, Минск, БГУ

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИЗАЙНЕ НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В целях ускорения начальных стадий разработки биологически активных веществ (далее – БАВ) сформулирован и реализован в программном исполнении эффективный алгоритм поиска новых биологически активных соединений, использующий методы молекулярного докинга и виртуального скрининга. Для создания программного обеспечения, реализующего данный алгоритм, использованы возможности языка программирования Python и программные пакеты компании Schrodinger. Применение алгоритма для поиска структур соединений, потенциально обладающих антинеопластической активностью, позволило предсказать энергию связывания низкомолекулярных соединений с большим количеством макромолекул в автоматическом режиме, одновременно сокращая расчетное время и автоматизируя процесс подготовки исходных данных и анализ результатов расчетов.

Введение. Разработка БАВ представляет собой длительный и дорогостоящий процесс, состоящий из двух основных этапов: доклинических исследований и клинических испытаний. Этап клинических испытаний является наиболее ресурсозатратным и его ускорение невозможно по причине необходимости соблюдения критериев исследования безопасности БАВ, правильного сбора и обработки информации для получения качественных и достоверных результатов. Таким образом, наиболее перспективной и практически реализуемой является оптимизация первого этапа разработки БАВ, в рамках которого происходит поиск соединений-лидеров.

В настоящее время для поиска соединения лидера применяют рациональный подход [1], основу которого составляет молекулярное моделирование. Молекулярный докинг является одним из главных методов молекулярного моделирования, заключающимся в предсказании наиболее

выгодной конформации и ориентации молекулы лиганда в области активного центра макромолекулы. Данный метод используется в контексте виртуального скрининга, суть которого заключается в выборе наиболее перспективных соединений из большой выборки соединений-кандидатов [2].

На сегодняшний день доступны различные программные пакеты для проведения молекулярного моделирования, которые позволяют осуществлять отдельные этапы рациональной разработки БАВ:

1. Подготовку структур лигандов.
2. Подготовку структур макромолекул.
3. Молекулярный докинг.
4. Обработку полученных результатов.

Однако при исследовании большого количества макромолекул данные процедуры становятся рутинными, при этом полная оптимизация данных процедур в программных пакетах отсутствует. В соответствии с этой целью работы является автоматизация этапов виртуального скрининга и проверка работоспособности разработанного программного обеспечения.

Экспериментальная часть. Разработанный алгоритм состоит из семи этапов, шесть из которых автоматизированы; только первый требует работы исследователя (рисунок). Для автоматизации данного алгоритма использовался язык программирования Python и программные пакеты компании Schrodinger (Release 2018-1), в которых реализовано исполнение отдельных этапов виртуального скрининга.



Рисунок – Схема разработанного алгоритма (этапы 2–7 автоматизированы)

Первым этапом работы является создание двух цифровых множеств соединений: множества эталонных (для которых известна биологическая активность) и исследуемых (активность предстоит предсказать) соединений. Дальнейший этап предполагает подготовку цифровых структур всех соединений, т. е. приведение геометрических параметров соединений в соответствие с оптимальными значениями в рамках параметров силового поля (в алгоритме используется силовое поле OPLS3).

Третий этап алгоритма заключается в оценке молекулярного подобия эталонного и исследуемого множества с целью установления схожести данных выборок. Данный процесс реализуется путем сравнения «отпечатков пальцев» структур соединений, образованных с помощью ECFP-дескрипторов на основе коэффициента подобия Танимото.

Дальнейшая подготовка структуры макромолекулы, докинг множества эталонных соединений и корреляционный анализ (стадии 4, 5 и 6 соответственно) позволяет определить применимость алгоритма для определенной макромолекулярной мишени [3–5].

Результаты. Разработанное программное обеспечение было использовано для исследования взаимодействия выборки низкомолекулярных соединений со структурами десяти белков. Полученные данные корреляционного анализа (таблица) показали, что предсказанные энергии связывания лигандов с двумя из десяти белков (EGFR и HSP90) хорошо коррелируют с экспериментальными данными. Неудовлетворительную корреляцию для других макромолекул можно объяснить следующим образом:

– место взаимодействия лиганда с макромолекулой, реализуемой *in vitro* может не соответствовать месту, в котором производился докинг *in silico*;

– в процессе подготовки структуры белка могли удаляться молекулы воды активного центра, которые участвуют в связывании лиганда с макромолекулой;

– закристаллизованный лиганд может оказывать влияние на белок и изменять его конформацию по принципу индуцированного соответствия. Перед докингом закристаллизованный лиганд удаляется, однако конформация белка при этом не изменяется. Таким образом докинг осуществляется в конформацию, не соответствующую конформации *in vitro*, в связи с чем уменьшается точность предсказания.

Данные проблемы могут быть решены путем внедрения в алгоритм методов молекулярной механики, позволяющей отследить эволюцию конформаций макромолекул в растворе, что в настоящее время является предметом продолжающихся исследований.

Таблица – Данные о белках, эталонных соединениях и результаты корреляции

Название белка (PDB ID)	Количество лигандов с известной активностью	Показатель активности	Коэффициент корреляции Пирсона	PubChem ID источника
SRC-kinase (2SRC)	38	K _d	0,058	625016
EGFR (6LUD)	188	IC50	0,610	507084, 248903
mTOR (4JT6)	138	IC50	0,200	507076
BRAF v600e (4R5Y)	130	IC50	0,207	1258106 (version 2.3)
CDK6 (6OQL)	41	IC50	-0,098	1402379
PI3K-kinase alpha isoform (4JPS)	163	IC50	-0,195	507072
SIRT1 (4I5I)	44	IC50	0,273	1694696
HSP90 (6N8Y)	63	IC50	0,733	668681
TTK (6N6O)	59	IC50	0,279	1660099
MDM2 (5C5A)	47	K _d	-0,275	1564997

Заключение. В работе разработан и реализован алгоритм эффективного поиска новых биологически активных соединений. Проведена проверка работы программного обеспечения, в результате которого время проведения расчетов значительно уменьшилось. Осуществлена проверка достоверности модели путем проведения корреляционного анализа предсказанных и экспериментальных значений биологической активности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mandal, S. Rational drug design / S. Mandal, M. Moudgil, S. K. Mandal // European Journal of Pharmacology. – 2009. – Vol. 625, № 1–3. – P. 90–100.
2. Molecular modeling: basic principles and applications. Molecular modeling / ed. H.-D. Höltje. – Weinheim : Wiley-VCH, 2008. – 310 p.
3. Extra Precision Glide: Docking and Scoring Incorporating a Model of Hydrophobic Enclosure for Protein-Ligand Complexes / R. A. Friesner [et al.] // J. Med. Chem. – 2006. – Vol. 49, № 21. – P. 6177–6196.
4. Glide: A New Approach for Rapid, Accurate Docking and Scoring. 1. Method and Assessment of Docking Accuracy / R. A. Friesner [et al.] // J. Med. Chem. – 2004. – Vol. 47, № 7. – P. 1739–1749.
5. Glide: A New Approach for Rapid, Accurate Docking and Scoring. 2. Enrichment Factors in Database Screening / T. A. Halgren [et al.] // J. Med. Chem. – 2004. – Vol. 47, № 7. – P. 1750–1759.

[К содержанию](#)

УДК 547.458.2:581.143.6

О. А. ДЕМИДОВИЧ, С. М. ЛЕНИВКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ИСТОЧНИК УГЛЕВОДНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ *IN VITRO* И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО МОДИФИКАЦИИ

Первым шагом в процессе культивирования растений является оптимизация питательных сред. Успех в культивировании изолированных органов, тканей и клеток растений во многом зависит от правильно подготовленной питательной среды. Выбор компонентного состава питательной среды непосредственно влияет на ростовые процессы и развитие культивируемых эксплантов [1].

В состав питательных сред для культивирования растительных объектов в условиях *in vitro* входят неорганические (макро- и микросоли, хлорид кальция, хелат железа и др.) и органические (углеводы, витамины, глицин, мезоинозит и др.) вещества, а также фитогормоны [2]. Углеводы в форме сахаров являются основным источником энергии для культивируемых изолированных органов и тканей растений. В питательных средах, приготовленных по прописи Мурасиге и Скуга (MS), в качестве углеводного компонента используют сахарозу в количестве 30 г/л. Для экспериментов на культуре растительных клеток применяют и модифицированные питательные среды как с различным содержанием сахарозы от 20 до 40 г/л [3], так и с заменой сахарозы на глюкозу, фруктозу, мальтозу [4; 5]. Показано, что изменение углеводного состава культуральной среды способно оказывать воздействие на процессы роста и биосинтез вторичных метаболитов [4], а также установлена выраженная видовая и сортовая специфичность актинидии по отношению к источнику углеводного питания [5].

Цель исследования – оценить влияние сахарозы на динамику роста микропобегов различных сортов актинидии, культивируемых на безгормональной питательной среде и питательной среде с 6-бензиламинопурином.

Объекты исследования – микропобеги актинидии пяти сортов, а именно Дон Жуан, Горянка, Римма, Гибридная Колбасиной, Чан Бай Гиант. Сорт Дон Жуан – мужской сорт, а другие использованные сорта относятся к сортам женского типа.

В составе питательных сред использовались два типа углеводного компонента: сахароза (ЧДА) ГОСТ 5833-75, производитель Россия, и сахар белый кристаллический свекловичный категории ТС2 ГОСТ 33222-2015 производства ОАО «Жабинковский сахарный завод», как более дешевый.

В качестве фитогормона был взят 6-бензиламинопурин (БАП) в концентрации 0,5 мг/л.

Для проведения эксперимента были составлены четыре типа питательных сред (ПС) с разными вариантами углеводного и гормонального состава:

- 1-й тип ПС – 1/2 MS + БАП + 1/2 сахарозы;
- 2-й тип ПС – 1/2 MS + БАП + 1/2 сахара;
- 3-й тип ПС – 1/2 MS + 1/2 сахарозы;
- 4-й тип ПС – 1/2 MS + 1/2 сахара.

Растения культивировали при температуре 20–22 °С в условиях освещения люминисцентными лампами интенсивностью около 2500 люкс, при 16-часовом фотопериоде в течение месяца. Обработку полученных данных проводили общепринятыми статистическими методами с помощью Excel.

Результаты эксперимента по оценке динамики роста микропобегов различных сортов актинидии на 1-м и 2-м типах питательных сред представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика роста микропобегов сортов актинидии на гормональной питательной среде с различным типом углеводного компонента

Сорт	Сутки	Высота, см	
		1-й тип ПС	2-й тип ПС
Дон Жуан	7-е	1,30 ± 0,15	1,17 ± 0,24
	14-е	1,37 ± 0,12	1,27 ± 0,24
	21-е	1,43 ± 0,12	1,30 ± 0,25
	30-е	1,60 ± 0,06	1,43 ± 0,29
Горянка	7-е	1,43 ± 0,10	1,18 ± 0,28
	14-е	1,60 ± 0,06	1,48 ± 0,25
	21-е	1,88 ± 0,05*	1,55 ± 0,26
	30-е	1,95 ± 0,03	2,05 ± 0,25
Римма	7-е	1,37 ± 0,22	1,03 ± 0,24
	14-е	1,53 ± 0,26	1,16 ± 0,24
	21-е	1,62 ± 0,26	1,31 ± 0,21
	30-е	1,70 ± 0,28	1,46 ± 0,20
Гибридная Колбасиной	7-е	1,96 ± 0,09	1,88 ± 0,10
	14-е	2,10 ± 0,13	1,98 ± 0,13
	21-е	2,40 ± 0,19	2,08 ± 0,12
	30-е	2,72 ± 0,15	2,80 ± 0,23*
Чан Бай Гиант	7-е	1,30 ± 0,27	2,04 ± 0,07
	14-е	1,36 ± 0,26	2,20 ± 0,06
	21-е	1,44 ± 0,24	2,26 ± 0,07
	30-е	1,66 ± 0,22	2,46 ± 0,07

Примечание – * – достоверно с предыдущими сутками при $P \leq 0,05$.

На 1-м типе питательной среды достоверно значимый прирост микропобегов актинидии по сравнению с предыдущими сутками был зафиксирован только у сорта Горянка на 21-е сутки. Культивирование микропобегов актинидии на 2-м типе гормональной питательной среды с заменой сахарозы на сахар показало сходные результаты. Также только у одного сорта Гибридная Колбасиной было зафиксировано достоверное увеличение длины микропобегов на 30-е сутки.

Результаты эксперимента по оценке динамики роста микропобегов различных сортов актинидии на 3-м и 4-м типах питательных сред представлены в таблице 2.

В результате культивирования на 3-м типе питательной среды статистически значимое увеличение высоты микропобегов наблюдалось на 21-е сутки у двух сортов – Дон Жуан и Римма. На 30-е сутки эксперимента достоверный прирост микропобегов был зафиксирован у всех исследуемых сортов актинидии. Прирост варьировал в пределах от 0,78 до 2,12 см, а наибольшее его значение было характерно для сорта Горянка.

Таблица 2 – Динамика роста микропобегов сортов актинидии на безгормональной питательной среде с различным типом углеводного компонента

Сорт	Сутки	Высота, см	
		3-й тип ПС	4-й тип ПС
Дон Жуан	7-е	0,88 ± 0,23	0,65 ± 0,14
	14-е	1,05 ± 0,21	0,90 ± 0,21
	21-е	1,65 ± 0,12*	1,55 ± 0,17*
	30-е	3,35 ± 0,39*	2,83 ± 0,33*
Горянка	7-е	1,14 ± 0,27	1,20 ± 0,10
	14-е	1,40 ± 0,31	1,28 ± 0,09
	21-е	2,18 ± 0,21	2,25 ± 0,36*
	30-е	4,30 ± 0,52*	5,05 ± 0,51*
Римма	7-е	1,16 ± 0,14	1,21 ± 0,29
	14-е	1,29 ± 0,14	1,33 ± 0,15
	21-е	1,81 ± 0,17*	1,76 ± 0,10*
	30-е	2,83 ± 0,35*	2,71 ± 0,13*
Гибридная Колбасиной	7-е	2,20 ± 0,29	2,08 ± 0,17
	14-е	2,35 ± 0,29	2,25 ± 0,19
	21-е	2,88 ± 0,26	3,10 ± 0,36
	30-е	4,33 ± 0,13*	3,75 ± 0,50
Чан Бай Гиант	7-е	1,28 ± 0,09	1,62 ± 0,15
	14-е	1,38 ± 0,14	1,66 ± 0,16
	21-е	1,80 ± 0,16	1,86 ± 0,07
	30-е	2,58 ± 0,19*	2,38 ± 0,14*

Примечание – * – достоверно с предыдущими сутками при $P \leq 0,05$.

Состав 4-го типа питательной среды оказывал достоверное влияние (при $P \leq 0,05$) на увеличение высоты микропобегов у трех сортов – Дон Жуан, Горянка, Римма как на 21-е, так и на 30-е сутки культивирования. У сорта Чан Бай Гигант достоверный прирост наблюдался только на 30-е сутки. Следует отметить, что наибольшее значение прироста микропобегов для указанных сортов приходилось на 30-е сутки культивирования (от 0,52 до 2,80 см). В динамике роста микропобегов сорта Гибридная Колбасиной не было установлено статистически значимых различий на протяжении всего времени культивирования.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ в системе «сорт – тип среды» позволил установить преимущественное влияние сортовых особенностей на рост микропобегов. Так на увеличение высоты микропобегов, культивируемых на 1-м и 2-м типах питательных сред, большее воздействие, хотя и статистически не подтвержденное, оказал фактор «сорт», доля влияния которого с 7-х по 21-е сутки составляла около 65 %, а к 30-м суткам увеличилась до 84 % за счет уменьшения доли случайных отклонений. На протяжении всего эксперимента с использованием 3-го и 4-го типа питательных сред степень влияния фактора «сорт» на прирост микропобегов актинидии оказалась статистически высоко достоверной (при $P \leq 0,01$) и составила более 91 %. Таким образом, проведенные исследования показали, что использованный тип углеводного компонента не оказывает существенного влияния на рост микропобегов актинидии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутенко, Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе / Р. Г. Бутенко. – М. : ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
2. Картель, Н. А. Биотехнология в растениеводстве : учебник / Н. А. Картель, А. В. Кильчевский. – Минск : Тэхналогія, 2005. – 310 с.
3. Курбаниязова, Г. Т. Особенности состава питательных сред для культивирования в условиях *in vitro* однодольных видов растений / Г. Т. Курбаниязова, Ф. У. Мустафина, Д. Н. Жамалова // *Universum: химия и биология : электрон. науч. журн.* – 2022. – № 3 (93). – С. 39–45. – Режим доступа: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13186>.
4. Булатова, А. А. Влияние сахарозы и глюкозы на показатели роста и содержание углеводов в каллусной культуре *Callisia fragrans* / А. А. Булатова, М. П. Шапчиц, В. М. Юрин // *Труды БГУ.* – 2011. – Т. 6, ч. 2. – С. 33–38.
5. Совершенствование метода клонального микроразмножения актинидии и лимонника китайского / С. А. Муратова [и др.] // *Соврем. садоводство.* – 2010. – № 1. – С. 96–100.

[К содержанию](#)

УДК 620.17:669.76

А. В. ДЕМИДЧИК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$ ТЕЛЛУРОМ
НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНУЮ ТЕРМОЭДС
И КОЭФФИЦИЕНТ ХОЛЛА**

В твердых растворах висмут-сурьма с изменением соотношения компонентов происходит перестройка энергетического спектра. Сплавы висмут-сурьма в полупроводниковой области состояния являются эффективными низкотемпературными термоэлектриками. Сплавы висмут-сурьма, как узкозонные полупроводники и полуметаллы, отличаются высокой чувствительностью физических свойств к внешним воздействиям: механическим, тепловым, магнитным. Все это делает их прекрасным материалом, имеющим прикладной интерес. Одна из возможностей варьирования свойств сплавов висмут-сурьма – использование примесей. Легирование донорными и акцепторными примесями позволяет, изменяя уровень химического потенциала, делать актуальными те или иные группы носителей заряда, что позволяет достичь оптимальной концентрации носителей с точки зрения максимальной термоэлектрической эффективности. Однако добавление примесей может влиять на механизмы рассеяния носителей заряда, что сказывается на их подвижности, причем чаще всего это происходит нежелательным образом.

Исследованию электрических свойств сплавов висмут-сурьма посвящено немало работ. Так, например, в работе [1] показано, что для необлученных образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}\text{Te}$ сильное изменение коэффициента Холла и, следовательно, концентрации носителей заряда приходится на область температур 77–270 К. В области 270–300 К изменение коэффициента Холла с ростом температуры сильно замедляется. Для образцов, легированных теллуrom и облученных 10 и 50 Мрад, коэффициент Холла монотонно падает с температурой, при этом наибольшее изменение коэффициента Холла наблюдается для образцов, облученных 50 Мрад. В нелегированных и легированных теллуrom образцах до облучения коэффициент термоЭДС α с ростом температуры монотонно уменьшается. Облучение гамма-квантами уменьшает абсолютную величину α в интервале исследованных температур. При этом в облученных образцах ход температурной зависимости меняется. Для образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}\text{Te}$, облученных гамма-квантами, ход температурной зависимости α приобретает вид, характерный для примесной области проводимости.

В работе [2] для двух образцов пленочных монокристаллов $\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12}$ различной толщины $0,7 \mu\text{m}$ и $1,2 \mu\text{m}$ были исследованы магнитосопротивление и эффект Холла. Измерения проводились в интервале температур от 77 до 300 К, а величина магнитного поля составляла 0,2 Тл. Установлено монотонное убывание коэффициента Холла с ростом температуры от $2,2 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{К}$ до $2,0 \times 10^{-7} \text{ м}^3/\text{К}$. На основании полученных результатов были рассчитаны и построены температурные зависимости подвижностей электронов и дырок и концентрации носителей заряда. Расчеты проводились с использованием двухзонной модели скомпенсированного полуметалла при использовании формул, справедливых для области слабых магнитных полей.

В работе [3] исследованы температурные зависимости удельного сопротивления, магнетосопротивления, коэффициента Холла и термоЭДС пленок толщиной 10–30 нм чистого висмута и сплавов $\text{Bi}_{0,95}\text{Sb}_{0,05}$ и $\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12}$. Обнаруженная положительная термоЭДС в тонких пленках $\text{Bi}_{0,88}\text{Sb}_{0,12}$ может стать важным фактором для поиска возможности создания р-ветви термоэлектрических преобразователей энергии в области низких температур.

В работе [4] проведен анализ влияния толщины пленок висмута на подложке из слюды и размеров блоков на величину коэффициентов Холла и Зеебека. Выявлено преимущественное уменьшение вклада электронов при уменьшении толщины пленок и преимущественное уменьшение вклада дырок при уменьшении размера блоков. Сделан вывод о том, что величина и знак коэффициентов Холла и Зеебека в пленках висмута определяются конкурирующим влиянием классического размерного эффекта и рассеяния на границах блоков.

Цель настоящей работы – исследовать влияние легирования третьим компонентом на коэффициент Холла (обозначение R на рисунке 1) и дифференциальную термоЭДС (обозначение α на рисунке 2) фольг сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, содержащих в качестве третьего компонента теллур. Это необходимо для того, чтобы установить общую картину влияния третьего компонента VI группы периодической системы на электрические свойства и, воспользовавшись двухзонной изотропной моделью, предложенной, в частности, в работе [2], получить количественные параметры носителей заряда в данных материалах. Образцы фольг получались путем затвердевания расплава на внешней отполированной поверхности вращающегося медного цилиндра (толщина фольги 30...40 мкм).

Из рисунков 1 и 2 видно, что для исследуемых сплавов R и α незначительно изменяются в интервале температур от гелиевой до комнат-

ной, при этом R для всех сплавов отрицателен, а α принимает как положительные, так и отрицательные значения.

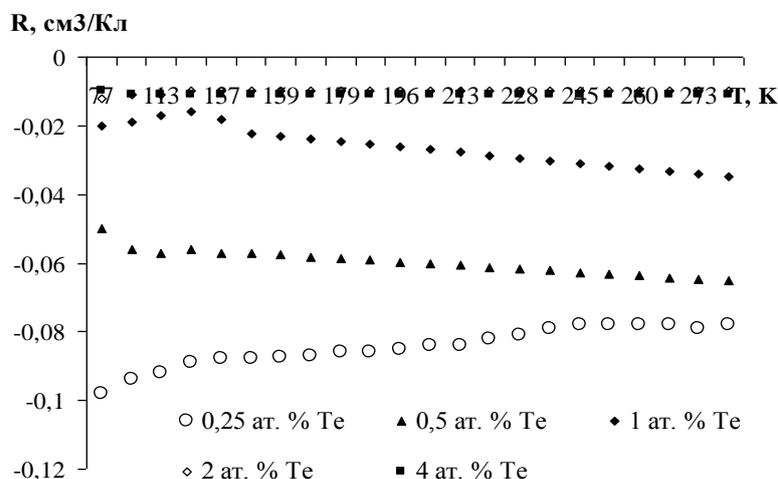


Рисунок 1 – Температурная зависимость коэффициента Холла фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного теллуром

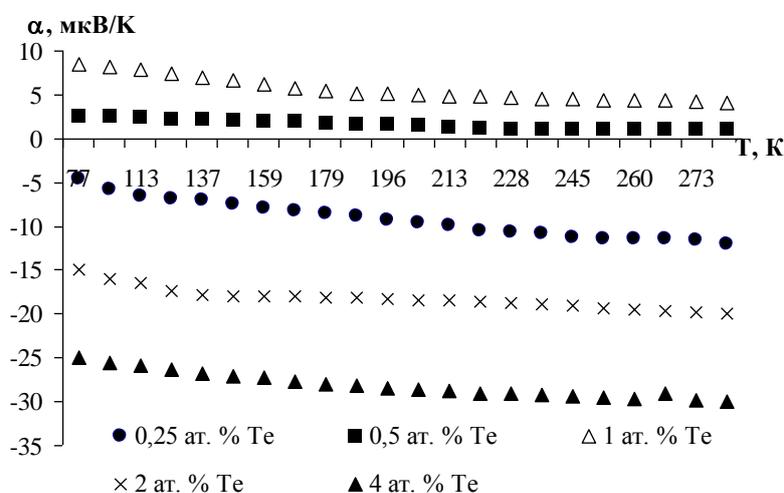


Рисунок 2 – Температурная зависимость дифференциальной термоЭДС фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного теллуром

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние гамма-излучения на электрические свойства экструдированных образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}\text{Te}$ / И. А. Абдуллаева [и др.] // Неорган. материалы. – 2021. – Т. 57, № 9. – С. 933–939.
2. Попов, И. Свойства пленочных монокристаллов в магнитном поле / И. Попов, Е. Молошник, Г. Растегаев // 9th International Conference

on Microelectronics and Computer Science : материалы IX Междунар. науч. конф., Молдова, 19–21 окт. 2017. – Молдова, 2017. – С. 76–79.

3. Гальваномангнитные свойства и термоэдс ультратонких пленок системы висмут – сурьма на подложке из слюды / В. А. Гергега [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2022. – Т. 56, вып. 1. – С. 42–47.

4. Эффекты Холла и Зеебека в тонких пленках висмута на подложке из слюды в диапазоне температур 77–300К / В. А. Комаров [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2019. – Т. 53, вып. 5. – С. 597–603.

К содержанию

УДК 547.71+547.74

А. Я. ДОГЕЛЬ¹, И. В. МИНЕЕВА^{1,2}

¹Беларусь, Минск, БГУ

²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ 3-(1-Н-ПИРРОЛ-3-ИЛ)ИНДОЛИН-2-ОНА, СОДЕРЖАЩИХ ЦИКЛОПРОПАНОВЫЕ ФРАГМЕНТЫ

Пиррол является широко распространенным структурным фрагментом многих биологически активных соединений, например, гема, хлорофилла, витамина В₁₂ [1]. Пиррольный структурный фрагмент включен в молекулы действующих веществ многих лекарственных препаратов, среди которых следует отметить аторвастатин, снижающий уровень холестерина; противоопухолевый препарат таллимустин, антигельминтный препарат пирвин [1]. Выделенные из морских живых организмов ламелларины, лукианолы, нингалины, сторниамиды обладают гипополидемическими, антимикробными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами, а также способны ингибировать ретровирусные обратные транскриптазы, клеточные ДНК полимеразы и протеинкиназы [2]. Также замещенные пирролы обладают анти-ВИЧ, антигрибковыми и антималярийными свойствами [1].

3-Замещенный индолин-2-он (2-оксиндол) является структурным фрагментом многих соединений, выделенных из живых организмов. Например, маремицинов, конволютамидинов, донаксаридина [3]. В литературе сообщается о наличии у 3-замещенных 2-оксиндолов ингибиторных свойств по отношению к VEGFR, в связи с чем 2-оксиндол зарекомендовал себя как важный структурный фрагмент антиангиогенных препаратов. Например, препарат сунитиниб применяется для лечения

почечно-клеточной карциномы и гастроинтестинальных стромальных опухолей [4].

Целью данной работы является получение новых производных 3-(1Н-пиррол-3-ил)индолин-2-она, содержащих циклопропановые фрагменты. Внедрение циклопропановых фрагментов в молекулы целевых соединений может привести к возникновению полезных, с практической точки зрения биологических свойств, которые не были ранее исследованы для соединений подобного строения.

2-Оксиндолы, содержащие пиррольный фрагмент у атома С3, могут быть получены в результате мультикомпонентной реакции между 3-(2-оксо-2-арилэтилиден)индолин-2-оном, β-кетоэфиром, ацетатом аммония или первичным амином (если необходимо получить N-замещенное производное пиррола) в присутствии каталитических количеств кислоты Льюиса. Схема реакции для синтеза соединений 5а – 5е представлена на рисунке 2. Важным преимуществом таких мультикомпонентных реакций является возможность эффективного «соединения» трех или более исходных веществ только за одну достаточно простую в осуществлении стадию синтеза [5]. Соблюдаются также такие принципы зеленой химии, как «принцип экономии атомов», «уменьшение числа промежуточных стадий», а в случае описанной в данной работе реакции соблюдается также принцип «использование каталитических процессов».

Для данной мультикомпонентной реакции был предложен следующий механизм: сначала происходит присоединение енольной формы ацетоуксусного эфира к халкону по Михаэлю, а затем происходит конденсация образовавшегося промежуточного соединения с ацетатом аммония (или первичным амином) по Паалю – Кнорру (рисунок 1) [6].

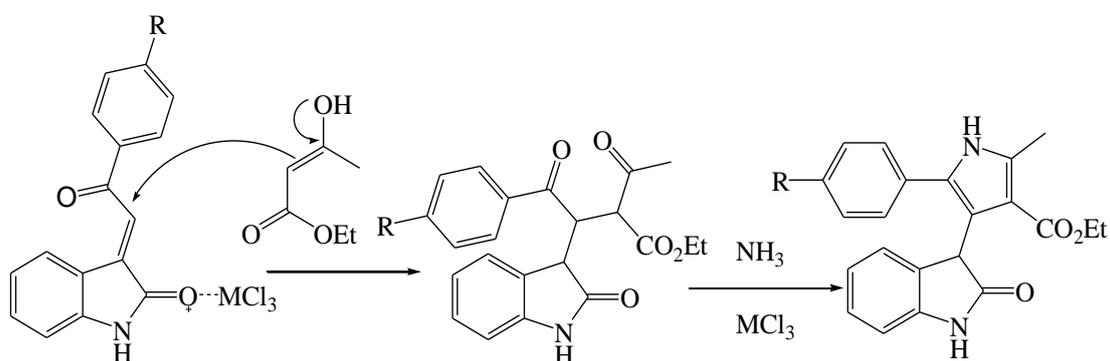


Рисунок 1 – Механизм мультикомпонентной реакции [6]

Халконы, необходимые для мультикомпонентной реакции, получают в результате двухстадийного синтеза. На первой стадии проводят реакцию альдольной конденсации изатина с соответствующим кетоном в изопр-

пиловом спирте и катализе диэтиламинол. Стадию дегидратации проводят при кипячении в смеси уксусной и соляной кислот. Схемы реакций и выходы продукта представлены на рисунке 2.

Следует также отметить, что 3-гидроксииндолин-2-оны проявляют ингибиторные свойства по отношению к ВИЧ-1 обратной транскриптазе [7], моноаминоксидазам MAO-A и MAO-B [8], а также описаны антиконвульсантные и антибактериальные свойства [9]. Халконы, содержащие индольный фрагмент, обладают выраженными антипролиферативными свойствами [10].

Для обнаружения наиболее эффективного катализатора для мультикомпонентной реакции была проведена серия реакций между 3-(2-оксо-2-арилэтилиден)индолин-2-оном (0,25 ммоль), ацетоуксусным эфиром (0,34 ммоль) и ацетатом аммония (0,625 ммоль) в присутствии различных кислот Льюиса (0,05 ммоль) с образованием вещества 5a. В результате мы определили, что наиболее эффективными катализаторами являются $\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Yb}(\text{OTf})_3$. Более подробно результаты скрининга представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выход продукта 5a при катализе различными кислотами Льюиса

Катализатор	$\text{LaCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	SnCl_2	$\text{YCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{YbCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{In}(\text{OTf})_3$
Выход продукта	47,4	48,0	49,8	68,2	70,5
Катализатор	$\text{InCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Sc}(\text{OTf})_3$	$\text{Sc}(\text{OAc})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		$\text{ScCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Выход продукта, %	71,0	71,3	74,6		83,0
Катализатор	$\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Yb}(\text{OTf})_3$	$\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		
Выход продукта, %	85,1	100	100		

Наиболее эффективные катализаторы, согласно результатам скрининга, были применены для синтеза целевых гетероциклических соединений (5b – 5e) на основе других халконов (3b – 3e). Выходы продуктов представлены в таблице 2, а схемы реакций – на рисунке 2.

Таблица 2 – Выходы продуктов мультикомпонентных реакций

Соединение	5a		5b	
Катализатор	$\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Yb}(\text{OTf})_3$	$\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Yb}(\text{OTf})_3$
Выход продукта, %	100	100	98	55
Соединение	5c		5d	5e
Катализатор	$\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Yb}(\text{OTf})_3$	$\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{CeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Выход продукта, %	73	86	54	63

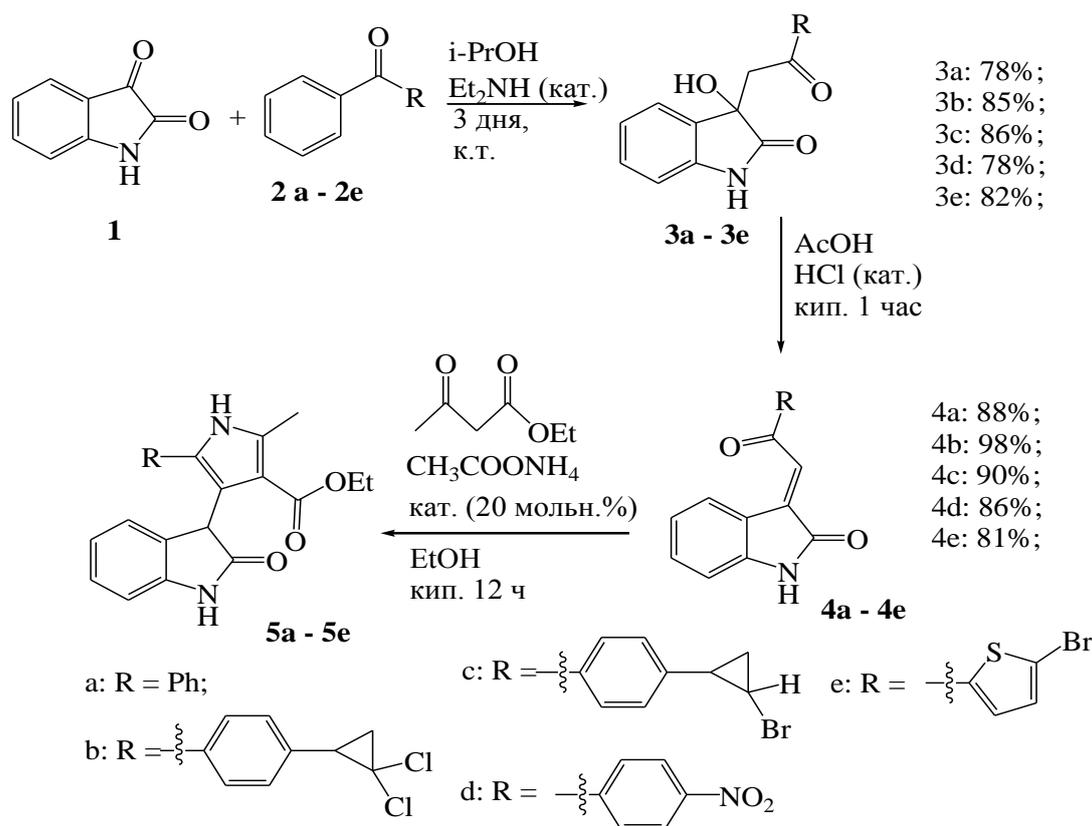


Рисунок 2 – Схема синтеза соединений и выходы продуктов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Highly efficient regioselective synthesis of pyrroles via a tandem enamine formation-Michael addition-cyclization sequence under catalyst and solvent-free conditions / Th. Vivekanand [et al.] // *Green Chem.* – 2015. – Vol. 17, № 6. – P. 3415–3423.
2. Bellina, F. Synthesis and biological activity of pyrrole, pyrroline and pyrrolidine derivatives with two aryl groups on adjacent positions / F. Bellina, R. Rossi // *Tetrahedron.* – 2006. – Vol. 62, № 31. – P. 7213–7256.
3. Al-Bogami, A. S. Microwave-assisted, multicomponent, ecofriendly synthesis of 3-bihetaryl-2-oxindole derivatives grafted with phenothiazine moiety / A. S. Al-Bogami, A. S. El-Ahl // *Synth. Commun.* – 2015. – Vol. 45, № 21. – P. 2462–2472.
4. Yousefian, M. Structure-activity relationship studies of indoline-2-one derivatives as vascular endothelial growth factor receptor inhibitors and anticancer agents / M. Yousefian, R. Ghodsi // *Arch. Pharm.* – 2020. – Vol. 353, № 12:2000022.
5. Synthesis, characterization, and anti-inflammatory activity of novel isoxazolyl-4-(2-oxo-2,3-dihydro-1H-3-indolyl)pyrrole-3-carboxylates / R. Saini [et al.] // *J. Heterocyclic Chem.* – 2017. – Vol. 54, № 5. – P. 2830–2837.

6. Shanti, G. InCl₃-catalyzed efficient one-pot synthesis of 3-pyrrolo-3'-yloxyndoles / G. Shanti, P. T. Perumal // *Tetrahedron Lett.* – 2009. – Vol. 50, № 27. – P. 3959–3962.

7. Hit optimization studies of 3-hydroxy-indoline-2-ones as potential anti-HIV-1 agents / Chander S. [et al.] // *Bioorg. Chem.* – 2018. – Vol. 79. – P. 212 – 222.

8. Tripathi, R. K. P. Discovery of 3-hydroxy-3-phenacyloxindole analogues of isatin as potential monoamine oxidase inhibitors / R. K. P. Tripathi, S. Krishnamurthy, S. R. Ayyannan // *ChemMedChem.* – 2015. – Vol. 11, № 1. – P. 119–132.

9. Synthesis and biological activity of substituted 3-acylmethylene and 3-hydroxy-2-indolones / E. N. Koz'minykh [et al.] // *Pharm. Chem. J.* – 1997. – Vol. 31, № 2. – P. 83–88.

10. Design, synthesis and QSAR study of novel isatin analogues inspired Michael acceptor as potential anticancer compounds / J. Wang [et al.] // *Eur. J. Med. Chem.* – 2018. – Vol. 144. – P. 493–503.

[К содержанию](#)

УДК 546.48:581.553:628.472.38(476.2-21Гомель)

Н. И. ДРОЗДОВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ КАДМИЯ В НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЕ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ Г. ГОМЕЛЯ

Одной из актуальных проблем в области прикладной экологии является оценка и прогнозирование воздействия мест размещения отходов производства и потребления на сопредельные территории, на качество природных ресурсов, и, как следствие, здоровье человека. В почвах санитарно-защитных зон полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) с периодичностью один раз в три года осуществляется контроль содержания кадмия, меди, никеля, свинца, хрома, цинка, ртути и мышьяка. Однако с учетом возможности распространения загрязнителей с грунтовыми водами и стоками, пылевым разносом контроль за состоянием почвы и растений на сопредельных территориях, а также исследования закономерностей перехода тяжелых металлов (ТМ) в системе почва –

растения представляют несомненный интерес для возможности прогноза рисков неблагоприятных экологических последствий.

Превышение допустимых уровней содержания ТМ в почве не всегда приводит к повышенным содержаниям их в дикорастущих растениях и в возделываемой сельскохозяйственной продукции. Накопление токсикантов растениями в значительной степени определяется уровнем их содержания в субстрате. Однако для каждого из исследуемых элементов и для отдельных экологических групп растений характерны особые закономерности накопления. Даже в контролируемых условиях достоверные корреляции между валовыми концентрациями загрязнителей в почвах и биоте часто отсутствуют. Б. В. Ильин [1] объясняет это способностью растений к избирательному накоплению элементов, которая зависит от физиологических особенностей растения, сезона года, фазы развития растения, продолжительности его вегетации, вида растения, анализируемых органов и частей одного и того же растения [2]. Отмечена зависимость поглощения элементов растениями также от ряда природных факторов: гранулометрического состава грунта, химического состава почвенных вод, климатических факторов, освещенности окружающей среды и др. [3].

Среди тяжелых металлов особое внимание уделяется контролю за содержанием кадмия в объектах окружающей среды. Его высокая фитотоксичность объясняется близостью по химическим свойствам к цинку. Поэтому кадмий может выступать как элемент-аналог во многих биохимических процессах, нарушая работу таких ферментов, как карбоангидраза, дегидрогеназы, фосфатазы, связанные с дыханием и другими физиологическими процессами, нарушает работу протеиназ и пептидаз, участвующих в белковом обмене и др. Замещение цинка кадмием в растительном организме приводит к цинковой недостаточности, что, в свою очередь, вызывает угнетение и даже гибель растения.

На протяжении 2021–2023 гг. нами проводилась оценка степени загрязнения природных сред (почвы и растений) в зоне воздействия полигона ТКО г. Гомеля, имеющего категорию высокой мощности. Определение содержания тяжелых металлов в почве и воздушно-сухом растительном материале проводилось атомно-абсорбционным методом на базе КУП «Гомельская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства». Анализ растительных и почвенных образцов проводился согласно рекомендациям, представленным в источнике [4].

Пробные площадки закладывались на злаково-разнотравном луговом фитоценозе, расположенном к северу от полигона на удалении около 550–1000 м. Почвы преобладали дерново-подзолистого типа. Видовой состав травостоя был представлен злаковыми травами – около (60÷80) %,

бобовыми – (10÷15) %, разнотравьем – (10÷15) %. Травостой как минимум раз за сезон подвергался отчуждению. Преобладали такие травы, как ежа сборная, пырей ползучий, овсяница луговая, мятлик луговой, среди разнотравья – хвощ полевой, щавель конский, подмаренник цепкий и др. Участки отбора растительного материала в большинстве случаев характеризовались сходными видами-доминантами. Наблюдение за состоянием растительности лугового фитоценоза позволило охарактеризовать его как удовлетворительное. Наибольшим угнетением и включениями рудеральной растительности характеризовались участки пробоотбора, непосредственно примыкающие к границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) полигона, где дополнительное негативное влияние, вероятно, оказывают находящиеся на территории поля фильтрации.

Анализ данных, полученных за период наблюдений 2021–2023 г., позволил выявить диапазоны варьирования концентраций подвижных и валовых форм кадмия в почве, которые составляли 0,01–0,66 мг/кг и 0,05–1,07 мг/кг. Отмечали, что содержание подвижных и валовых форм кадмия в 43,5 % и 35 % проанализированных образцов превышало ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) в 1,03–2,20 и 1,1–2,14 раза соответственно. Сравнение средневыворочных концентраций данных форм в почве в районе полигона ТКО и в почве контрольного участка, расположенного на удалении 2,5 км, выявило различия в 3,71 и 2,18 раза соответственно.

Содержание кадмия в растительном материале варьировалось в диапазоне 0,06–0,32 мг/кг воздушно-сухой массы. В 30 % проанализированных проб концентрация кадмия была на уровне ПДК или превышала ее в 1,1–1,6 раза. Средневыворочное содержание кадмия в растениях лугового фитоценоза на территории сопредельной с СЗЗ полигона ТКО составляло 0,16 мг/кг воздушно-сухой массы, что было выше аналогичных показателей для растений контрольной территории в 1,68 раза.

Методом однофакторного дисперсионного анализа подтверждена достоверность различий в содержании и накоплении кадмия надземной фитомассой растений в зависимости от удаления площадок пробоотбора от границ полигона. Установлено, что в растительных образцах, отобранных непосредственно у границы СЗЗ полигона, концентрация кадмия превышала средневыворочные значения в 1,5–2 раза и достоверно отличалась от аналогичного показателя для растений на контрольных участках (рисунок).

Коэффициент перехода (биологического накопления, Кб) тяжелых металлов в системе почва – растения рассчитывали как отношение содержания элемента в воздушно-сухой массе растительного образца (в мг/кг) к валовому содержанию данного элемента в почве (в мг/кг).

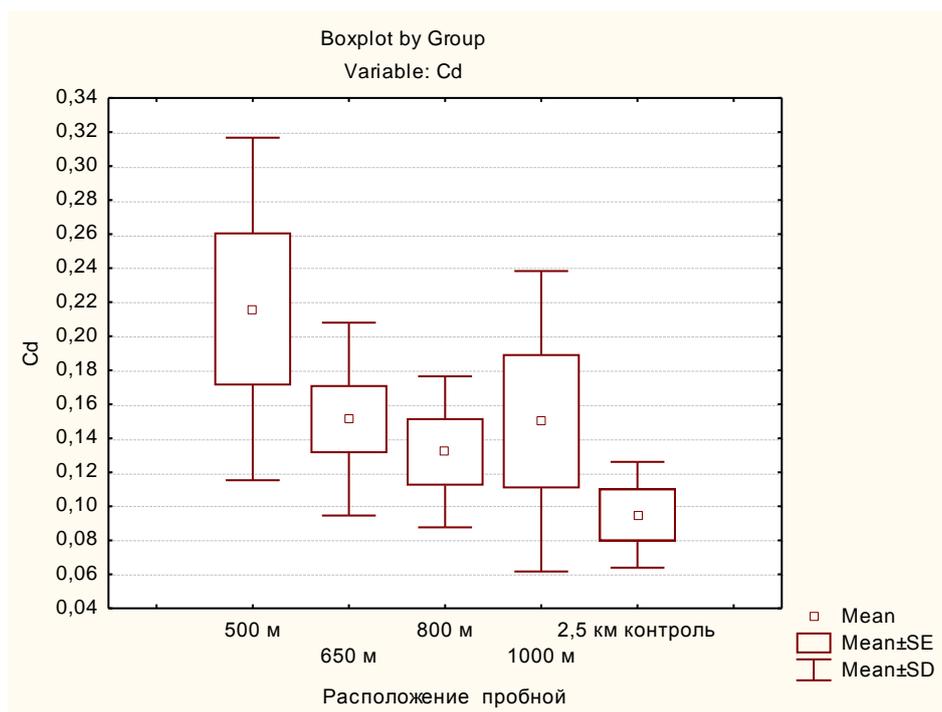


Рисунок – Диаграмма размахов итогов дисперсионного анализа Крускала – Уоллиса по содержанию кадмия в растительном материале в зависимости от расположения площадок пробоотбора

Коэффициенты перехода кадмия варьировались в диапазоне 0,13–2,28 вблизи полигона, на контрольных участках составляли 0,67–2,00. Известно, что кадмий в почве обладает достаточно высокой мобильностью и эффективно поглощается как корневой системой растений, так и через листовой аппарат. Высокая мобильность кадмия в системе почва – растения может быть связана с высоким химическим сродством кадмия и цинка, которые являются элементами-аналогами. Предположительно, в растении существует механизм, обеспечивающий их взаимный транспорт [2; 5].

Высокие значения коэффициентов вариации, как для содержания кадмия в надземной массе растений ($C_v = 33\text{--}47\%$), так и для коэффициентов перехода в системе почва – растения ($C_v = 46\text{--}86\%$), связаны прежде всего с видовыми особенностями накопления, с мозаичностью загрязнения почвы, а также со значительным вкладом аэральной эмиссии элементов с территории полигона ТКО.

Для изучения характера взаимного влияния тяжелых металлов в системе «почва – растения» проведены расчеты парных коэффициентов корреляции (таблица).

Таблица – Значения парных коэффициентов корреляции Спирмена

Корреляционная пара	Spearman r	t(N-2)	p-level
Cd / Cu подв.	0,69	4,5707	0,000136
Cd / Cu вал.	0,78	5,9189	0,000005
Cd / K _{Cu} подв.	-0,58	-3,4583	0,002134
Cd / Zn подв.	0,59	3,5138	0,001864
Cd / Zn вал.	0,67	4,3224	0,000252
Cd / Cd подв.	0,95	14,8507	0,000000
Cd / K ₆ Cu	-0,71	-4,8224	0,000072
Cd / K ₆ Zn	-0,51	-2,8422	0,009229
Cd / K ₆ Cd	-0,77	-5,8312	0,000006
K ₆ Cd / Cu подв.	-0,59	-3,5294	0,001794
K ₆ Cd / Cd подв.	-0,81	-6,5863	0,000001
K ₆ Cd / Cd вал.	-0,77	-5,8312	0,000006

Так, в случае кадмия очень тесная корреляция его содержания в растительном материале установлена с содержанием в почве подвижных форм данного элемента ($r = 0,95$), а также высокая и средняя корреляция с концентрацией в почве меди ($r = 0,69-0,78$) и цинка ($r = 0,59-0,67$). В целом, полученные результаты указывают на сложный и неоднозначный характер взаимного влияния элементов в системе «почва – растения». В большинстве случаев коэффициенты корреляции указывают на синергический характер в накоплении поллютантов, что может быть связано с наличием двух механизмов поступления элементов в наземную фитомассу: 1) за счет корневого поглощения, которое может блокировать при определенных условиях продвижение токсикантов в другие органы и ткани растений; 2) за счет поглощения листовой пластинкой при аэральной эмиссии от источника предполагаемого загрязнения (в нашем случае вероятен пылевой разнос от свалочного тела полигона и санитарно-защитной зоны).

Указанное выше свидетельствует о необходимости проведения дополнительных наблюдений для возможности построения адекватных статистически значимых моделей, которые будут отражать характер влияния отдельных параметров и их совокупности на содержание и миграцию элементов в системе почва – растения.

В целом необходимо отметить, что на территории, сопредельной с полигоном ТКО г. Гомеля (500–1000 м от границ тела полигона), комплексная эколого-химическая оценка состояния почвенно-растительного покрова, несмотря на превышение ПДК/ОДК отдельных элементов в почве выявила суммарный допустимый уровень загрязнения территорий ТМ ($Z_c < 16$).

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг., подпрограмма «Радиация и биологические системы», задание 03.04.05.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.
2. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Guilizzoni, P. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submersed plants / P. Guilizzoni // Aquat. Bot. – 1991. – Vol. 41, № 1/3. – P. 87–109.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / редкол.: А. М. Артюшин (гл. ред.) [и др.]. – 2-е изд. – М., 1992. – 62 с.
5. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

[К содержанию](#)

УДК 504.054:504.064.2

Л. Н. ИОВИК, А. Н. АЖГИРЕВИЧ

Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт
НАН Беларуси

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АККУМУЛЯТОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Несмотря на значительное количество научных работ, посвященных различным аспектам техногенного загрязнения окружающей среды, данных о комплексных исследованиях экологических последствий производства свинцово-кислотных аккумуляторных батарей невелико. Импактный мониторинг, осуществляемый ежегодно в зоне воздействия отдельного источника аэротехногенного загрязнения, позволяет фиксировать изменения состояния объектов природной среды и своевременно на них реагировать.

Газопылевые выбросы аккумуляторного производства содержат комплекс загрязняющих веществ, значительную часть которых составляют тяжелые металлы (ТМ), преимущественно свинец (Pb) – элемент

1-го класса опасности (высоко опасные вещества) (по ГОСТ 17.4.1.02-83). Токсичное действие Pb на растения связано, главным образом, с нарушением процессов фотосинтеза и роста [1]. Большая часть ТМ, содержащихся в аэрозолях и микропылевых частицах выбросов, не уловленных заводскими фильтрационными установками, осаждается на поверхности листьев растений. Часть из них вымывается дождевой водой, а другая часть через устьица и кутикулу проникает в паренхиму [2]. Ионы металлов (в разных долях) способны транспортироваться из листьев в корни и/или вышерасположенные органы [3], при этом некоторое количество ТМ поступает в наземные органы растений также корневым путем из загрязненной почвы. На разных этапах эволюции состав атмосферы менялся, что привело к формированию различий в металлопоглощительной способности у растительных организмов.

Целью исследования было изучение накопления ТМ в листьях березы повислой и слоевищах ксантории золотистой, произрастающих в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) предприятия по производству аккумуляторных батарей.

В качестве биоиндикаторных видов были выбраны многолетние растения, наиболее распространенные в зоне исследований – береза повислая *Betula pendula* Roth и ксантория золотистая *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. Отбор проб листьев березы повислой и слоевищ ксантории золотистой производили в 2023 г. по сети пробных площадок (ПП), созданной в 2018 г. системы импактного мониторинга окружающей среды [4]. Пробоподготовка производилась по ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов». Анализ содержания ТМ выполнялся согласно ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом» с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 ICP-AES DUO (производства Thermo Scientific).

Согласно полученным лабораторным данным установлено, что среднее содержание ТМ в листьях березы повислой *Betula pendula* Roth снижалось в ряду (мг/кг): Mn (143) > Zn (70,9) > Fe (42,3) > Cu (4,52) > Ni (1,13) > Pb (0,64) > Cd (0,25) > Co (0,23) > Cr (0,21). При этом концентрация свинца – приоритетного загрязнителя территории исследований – достигала в некоторых пробах 1,01–1,41 мг/кг (рисунок 1).

По сравнению с 2022 г. исследований аккумуляция свинца в листьях березы увеличилась в среднем в 1,9 раза. В то же время концентрации кадмия, меди, цинка, никеля, марганца, железа, кобальта и хрома не имели выраженных тенденций к росту.

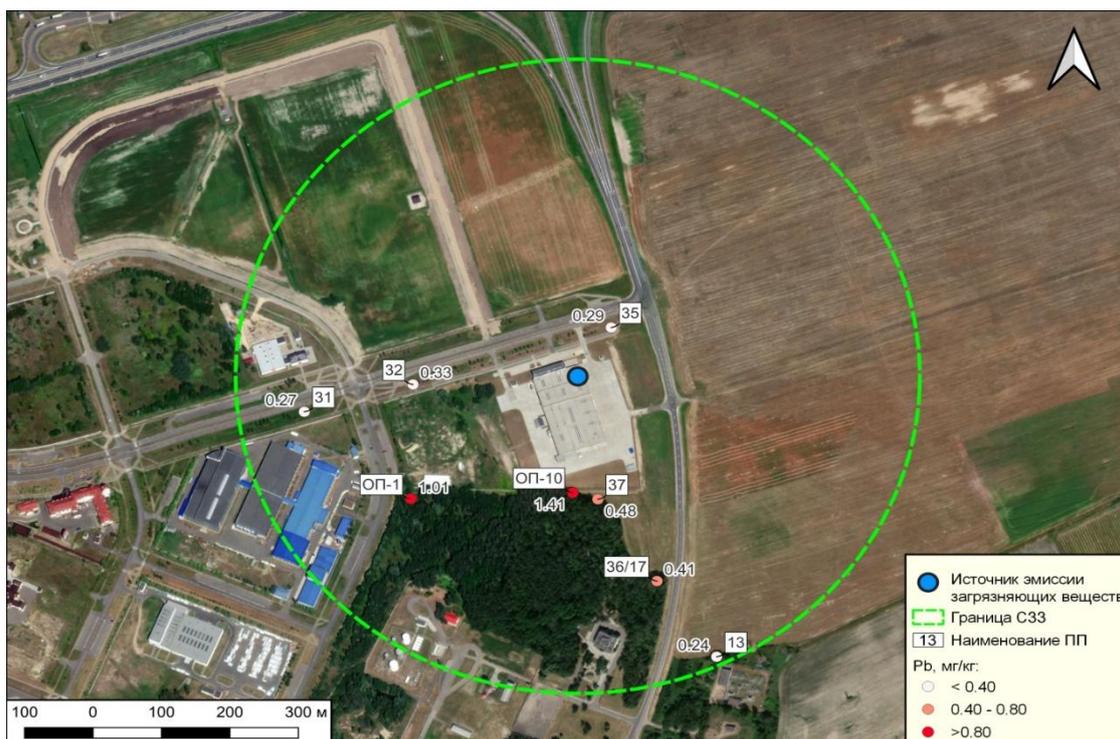


Рисунок 1 – Пространственное распределение свинца в листьях березы повислой *Betula pendula* Roth (2023)

Результаты наблюдений за ксанторией золотистой *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. – лишайником, наиболее широко применяемым в целях биоиндикации чистоты окружающей среды ввиду высокой чувствительности к загрязнению воздуха, выявили следующие особенности. ПП, на которых встречается ксантория золотистая, располагаются в юго-восточном направлении от источника эмиссии загрязняющих веществ ввиду именно такого распространения осины обыкновенной *Populus tremula* L. и ольхи черной *Alnus glutinosa* L. Gaertn., к которым она прикрепляется. Установлено, что среднее накопление ТМ в слоевищах ксантории золотистой убывало в ряду (мг/кг): Fe (776) > Mn (57,4) > Zn (43,0) > Pb (8,65) > Cu (4,81) > Cr (2,70) > Ni (1,66) > Co (0,43) > Cd (0,37). Наиболее высокие концентрации свинца были зафиксированы в слоевищах, отобранных на ОП-10 (13,9 мг/кг), т. е. на ПП, наиболее близко располагающейся к предприятию (рисунок 2). По мере отдаления от него содержание элемента снижалось: в 1,5 раза на ПП 36/17 (9,24 мг/кг) и в 2,6 раза на ПП 13 (5,29 мг/кг). Расположение на местности ПП 36/15 предполагает меньшую экспозицию переносу пылевых и аэрозольных частиц (ПП экранируется деревьями опушки лесного массива), ввиду чего установленная концентрация свинца в слоевищах на данной ПП приближалась по значению к наиболее дальней точке отбора. В отличие от

березы повислой (листопадного растения), ксантория золотистая имеет медленные темпы роста и прирастает по краю, при этом само слоевище не отмирает и продолжает жить десятки лет. В этой связи на накопление свинца влияют не только господствующие ветра, но и наблюдаемый многолетний кумулятивный эффект.

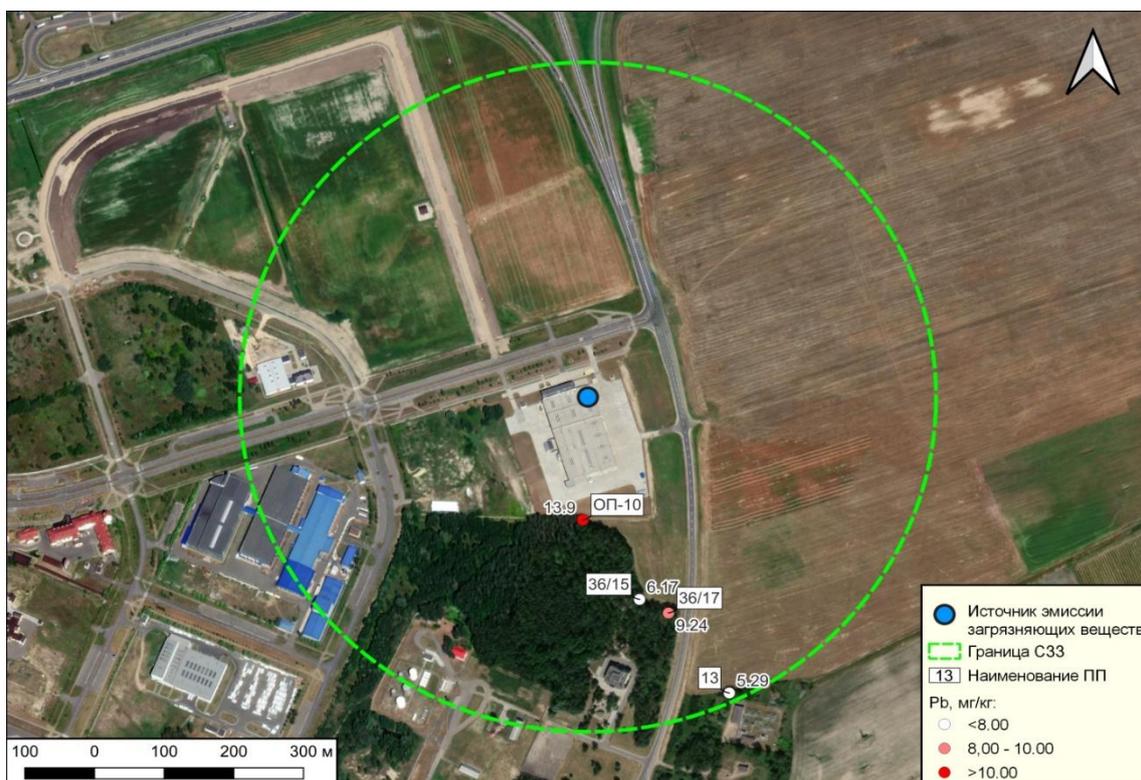


Рисунок 2 – Пространственное распределение свинца в слоевищах ксантории золотистой *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (2023)

Как и для березы, для ксантории установлен рост накопления свинца по отношению к 2022 г. исследований: в среднем содержание элемента в слоевищах увеличилось в 2,1 раза. Из других исследуемых ТМ выраженные тенденции к росту содержания имели никель и хром. При этом количество никеля в слоевищах возросло в среднем в 2,1 раза и хрома – в 2,4 раза. Концентрации кадмия, меди, цинка, марганца, железа и кобальта не имели явной динамики.

Несомненный интерес представляет сравнительный анализ изучаемых ТМ в листьях березы повислой и в слоевищах ксантории золотистой 2023 г. отбора с накопленными многолетними данными, начиная с 2021 г. (с начала ввода предприятия в эксплуатацию) (рисунок 3). Такие исследования позволяют проследить динамику содержания ТМ.

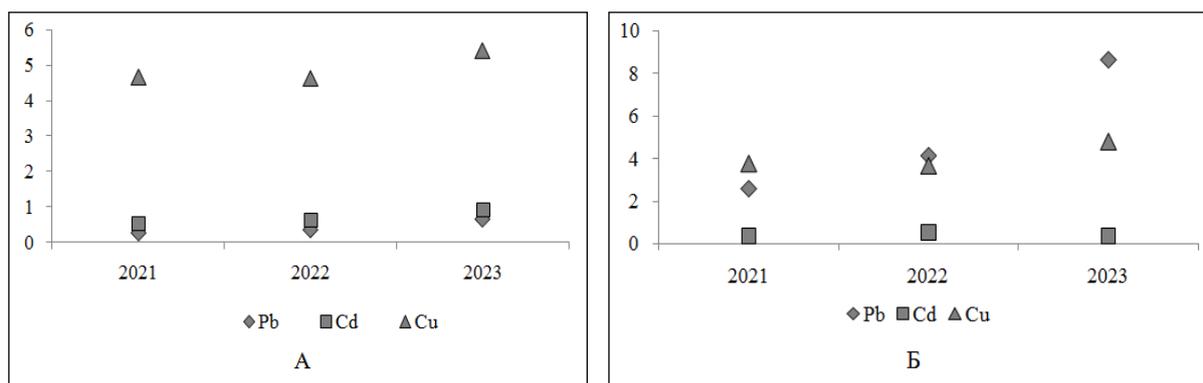


Рисунок 3 – Динамика содержания ТМ в листьях березы повислой *Betula pendula* Roth (А) и слоевищах ксантории золотистой *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Б), мг/кг абсолютно сухого вещества

Как показывают результаты исследований, накопление свинца в изучаемых объектах в большей мере определялось объемами производственной деятельности. При этом содержание элемента в среднем возросло в 1,5 раза в 2022 г. (по сравнению с 2021 г.) и в 2 раза в 2023 г. (по сравнению с 2022 г.). Возможно, что в условиях сохранения нынешних объемов производства установленный тренд будет наблюдаться и в будущем, поэтому проведение дальнейших ежегодных мониторинговых исследований имеет чрезвычайно важное значение. Что касается других изучаемых ТМ (кадмия, меди), то, как и в прошлые годы, очевидная динамика их содержания в листьях березы и слоевищах ксантории не была установлена; элементы демонстрировали разнонаправленные колебания средних значений.

Таким образом, листья березы повислой накапливали в большей мере марганец, тогда как слоевища ксантории золотистой – железо, при этом аккумуляция Рb обуславливалась количеством эмиссий загрязняющих веществ, образующихся в результате деятельности предприятия по производству аккумуляторных батарей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
2. Лозинская, О. В. Оценка содержания солей тяжелых металлов в почве и листьях березы повислой из естественных и антропогенно-измененных ландшафтов / О. В. Лозинская // Экол. вестн. : науч.-практ. журн. – 2017. – № 2 (40). – С. 43–51.

3. Root versus canopy uptake of heavy metals by birch in an industrially polluted area: contrasting behaviour of nickel and copper / M. Kozlov [et al.] // Environ. Pollut. – 2000. – № 107. – P. 413–420.

4. Ажгиревич, А. Н. Система геохимического мониторинга в импактной зоне СЭЗ «Брест» площадка «Аэропорт» / А. Н. Ажгиревич, Н. В. Михальчук, Е. А. Брыль // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац. X Міжнар. навук. канф. «Природнае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання», Брэст, 14–16 верас. 2022 г. / Палес. аграр.-экал. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст : Альтэрнатыва, 2022. – Вып. 14. – С. 167–169.

[К содержанию](#)

УДК 581.821

С. Э. КАРОЗА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ТЕТРАСУКЦИНАТА 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ГРЕЧИХЕ ПОСЕВНОЙ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.) В ВЕГЕТАЦИОННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Актуальность. Эпикастастерон является одним из представителей группы brassinosterоидов, которая включает в себя фитогормоны, выделенные из многих покрытосеменных растений различных семейств. На основе исследований с мутантными формами, дефектными в отношении биосинтеза brassinosterоидов, установлено, что они жизненно важны для нормального роста и развития растений. Эти данные привели к выделению нового класса растительных гормонов [1]. Оценка влияния brassinosterоидов на живые организмы проводилась в разных странах, результаты описаны в многочисленных публикациях, и наиболее полный обзор опубликован сотрудниками ИБОХ НАН РБ [2]. В БрГУ имени А. С. Пушкина также проводилась оценка влияния этих соединений на растения, и были определены наиболее перспективные для применения в растениеводстве препараты [3]. В Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, из brassinosterоидов включены только эпин и эпин плюс, в качестве действующего вещества содержащие, соответственно, эпибрасинолид и гомобрасинолид [4]. Поэтому

исследования по изучению действия производных brassinостероидов на растения являются весьма актуальными. К ним относятся их конъюгаты с органическими кислотами, которые отличаются по физико-химическим свойствам от самих brassinостероидов. Одним из них является конъюгат 24-эпикастастерона с янтарной кислотой, которая сама обладает определенной биологической активностью и используется в растениеводстве в качестве стимулятора роста и развития растений.

В качестве тест-объекта мы использовали гречиху посевную, так как она является популярной крупяной культурой благодаря своей высокой питательной ценности и удобству в приготовлении. Крупа-ядрица содержит 12,6 % белков, которые характеризуются хорошей сбалансированностью аминокислотного состава. В ней содержится много витамина Е, который является антиоксидантом [5]. Из гречневой крупы и соломы выделены многие витамины: рутин, ниацин, рибофлавин и фолиевая кислота. Гречиха содержит много железа, меди, кобальта, марганца и других микроэлементов.

Но, несмотря на эти достоинства, в Беларуси посевные площади под эту культуру в последние десятилетия постоянно уменьшались [6]. Одна из причин – невысокая урожайность зерна, обусловленная целым комплексом причин, в том числе зависимостью от погодных условий. Поэтому белорусские производители не всегда могут конкурировать с зарубежными, хотя эта культура обладает гораздо более высоким потенциалом [7]. Повысить продуктивность гречихи посевной можно различными агротехническими мероприятиями. Одним из них является стимуляция роста, иммунитета и урожайности растений с помощью биологически активных веществ, в том числе и конъюгатов brassinостероидов, положительное влияние которых на начальные этапы роста и развития гречихи нами уже было доказано [8]. Конъюгация с brassinостероидов с органическими кислотами производится в различных научных учреждениях, в том числе в ИБОХ НАН РБ, но в доступных источниках данных о влиянии таких соединений на рост и развитие гречихи посевной нами обнаружено не было.

Цель – проанализировать влияние тетраСУКЦИНАТА 24-эпикастастерона содержание фотосинтетических пигментов в листьях гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) в вегетационном эксперименте.

Материалы и методы. В качестве тест-объекта использовали гречиху районированного для всех областей Республики Беларусь диплоидного сорта Влада (регистрационный № 2005128), включенного в реестр сортов в 2008 г. [9]. В качестве объектов исследования использовали 24-эпикастастерон (ЭК) и тетраСУКЦИНАТ 24-эпикастастерона (S439). Так как в ранее проведенных исследованиях уже были определены

наиболее перспективные концентрации этих соединений, то обработку семян методом замачивания на 5 часов проводили в растворах с концентрациями 10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М [10]. Растения выращивали в горшках с почвогрунтом, распределенных рендо-мизированно, в четырехкратной повторности, общее количество растений в варианте составляло 20 штук. Для экстракции пигментов использовали высечки диаметром 1 см из средней части листьев. Для увеличения точности измерений и достоверности результатов для одной пробы делали 10 высечек, объединяли их и устанавливали массу навески. Из каждого горшка отбирали две пробы, таким образом, повторность опыта была восьмикратной. Массу высечек определяли на электронных весах. Экстракцию хлорофиллов и каротиноидов производили 100 %-м ацетоном. Пробы настаивали в холодильнике при $+4^{\circ}\text{C}$ в течение двух суток. Оптическую плотность экстракта определяли на спектрофотометре SOLAR CM2203 при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения определяемых пигментов в данном растворителе: $\lambda = 662, 644$ и $440,5$ нм в трехкратной повторности для каждого образца. Содержание пигментов рассчитывали по формулам Ветштейна [11].

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что эпикастастерон в концентрациях 10^{-10} и 10^{-9} М снижал содержание хлорофилла *a* на 8,5 и 5,2 % соответственно, при этом несколько повышая содержание хлорофилла *b* (на 6,2 и 8,1 %), но отличия от контроля были недостоверными (рисунок 1). ЭК в максимальной дозе (10^{-8} М) достаточно значительно и достоверно ($\text{с } P \leq 0,05$) повышал содержание обоих пигментов (на 16,3 и 9,0 %) (рисунок 1).

Максимальное и достоверное ($\text{с } P \leq 0,01$) повышение содержания хлорофилла *a* (на 19,3 %) наблюдалось в варианте с использованием раствора S439 в концентрации 10^{-10} М, но при этом количество хлорофилла *b* незначительно и недостоверно уменьшилось (на 3,2 %). Средняя доза (10^{-9} М) S439 повышала содержание обоих исследуемых пигментов на 15,6 и 4,6 % соответственно, но достоверной разницы с контролем была только для хлорофилла *a*. Максимальная доза оказывала положительное, но недостоверное по сравнению с контролем влияние на оба показателя (+ 7,2 и 5,7 % соответственно). При применении средней дозы самого ЭК отличий от контроля практически не было по обоим видам пигментов (рисунок 1).

Суммарное содержание хлорофилла выглядело следующим образом. Ниже контроля оно было только в варианте с использованием раствора ЭК в концентрации 10^{-10} М ($-2,6$ %). В этом же варианте было максимально повышено (на 9,9 %) содержание каротиноидов, возможно, как

компенсация снижению уровня хлорофилла, но отличия от контроля для обоих показателей были недостоверными (рисунок 2).

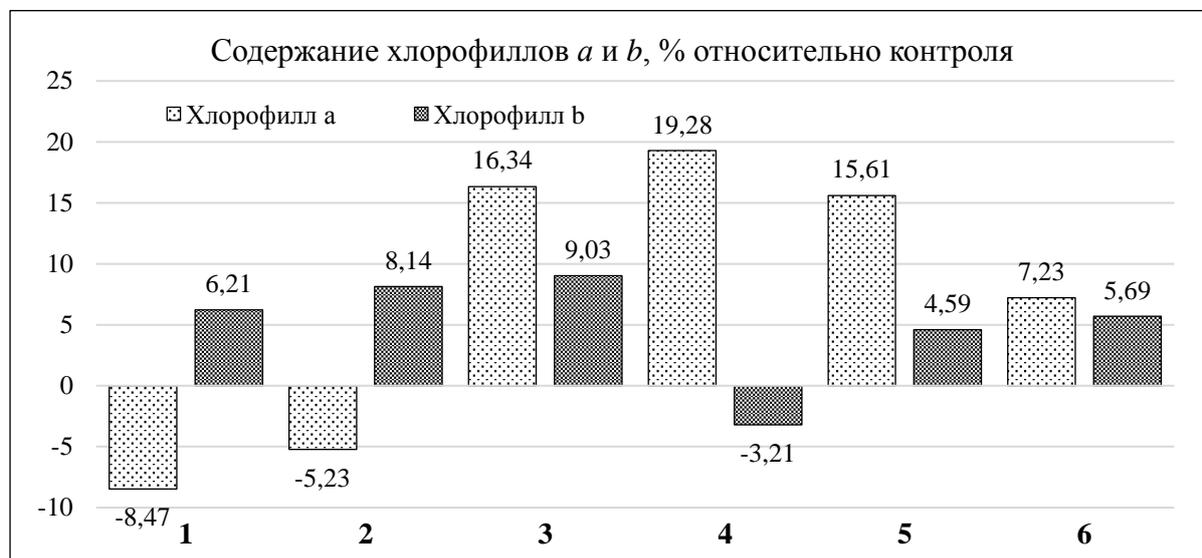


Рисунок 1 – Влияние ЭК и S439 на содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях гречихи посевной сорта Влада, % относительно контроля:
 1 – ЭК, 10^{-10} М; 2 – ЭК, 10^{-9} М; 3 – ЭК, 10^{-8} М; 4 – S439, 10^{-10} М;
 5 – S439, 10^{-9} М; 6 – S439, 10^{-8} М

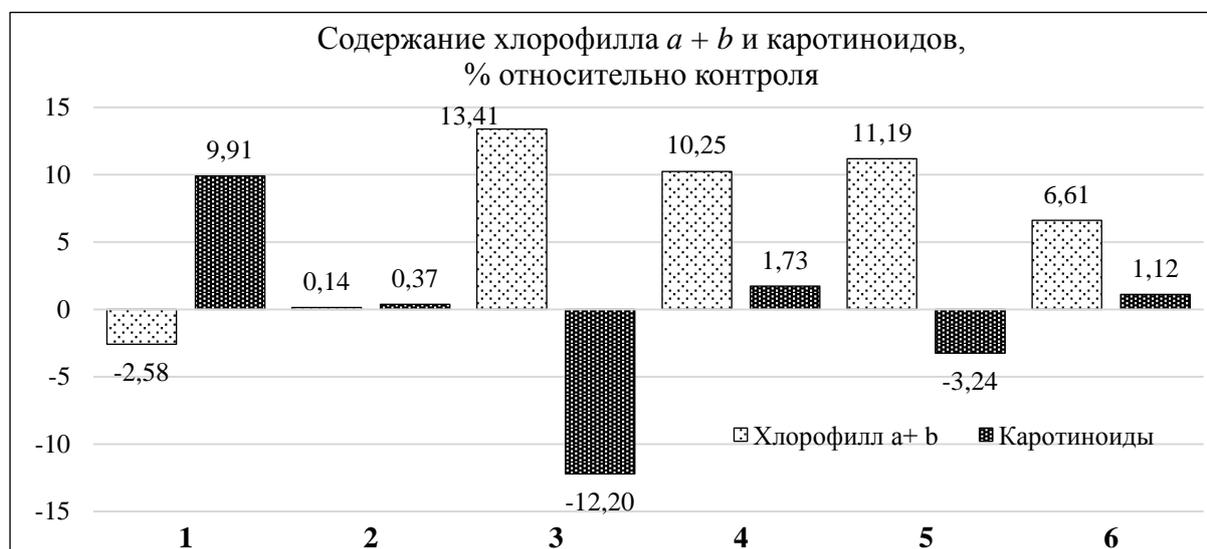


Рисунок 2 – Влияние ЭК и S439 на суммарное содержание хлорофиллов *a*+*b* и каротиноидов в листьях гречихи посевной, % относительно контроля:
 1 – ЭК, 10^{-10} М; 2 – ЭК, 10^{-9} М; 3 – ЭК, 10^{-8} М; 4 – S439, 10^{-10} М;
 5 – S439, 10^{-9} М; 6 – S439, 10^{-8} М

Эпикастастерон в дозе 10^{-8} М максимально (на 13,4 %) повысил уровень хлорофилла и также максимально снизил (на 12,2 %) содержание каротиноидов, отличия от контроля для обоих показателей были достоверными. Тетрасукцинат ЭК во всех вариантах увеличил содержание зеленых пигментов, причем значения при использовании растворов в концентрациях 10^{-10} и 10^{-9} М были достаточно близки – 10,3 и 11,2 % соответственно, но достоверными были различия только в варианте с большей дозой препарата. Влияние на содержание каротиноидов от контроля достоверно не отличалось: при концентрации 10^{-10} М оно было на 1,7 % выше, а 10^{-9} М – на 3,2 % ниже уровня контроля. В максимальной концентрации (10^{-8} М) конъюгат действовал достаточно слабо, недостоверно увеличив содержание хлорофилла на 6,6 %, а каротиноидов – на 1,1 %.

Заключение. Тетрасукцинат 24-эпикастастерона оказал на содержание хлорофилла в двух минимальных дозах положительное влияние, сравнимое с влиянием ЭК в максимальной дозе. Содержание каротиноидов при действии этого конъюгата достоверно не изменилось по сравнению с контролем, в то время как сам brassinosteroid в максимальной дозе достоверно понизил их количество в листьях при увеличении содержания хлорофилла.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosteroidов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биоорхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 гг. (№ ГР 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерфлинг, К. Н. Гормоны растений / К. Н. Дерфлинг. – М. : Наука, 1989. – 351 с.
2. Хрипач, В. А. Brassinosteroidы / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
3. Биологическая активность brassinosteroidов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза [и др.] ; под общ. ред. С. Э. Карозы ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2020. – 260 с.
4. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Л. В. Плешко [и др.]. – Минск : Земледелие и защита растений, 2014. – 628 с.

5. Кротов, А. Гречиха – *Fagopyrum* Mill. / А. Кротов // Культурная флора СССР. Крупяные культуры / А. Кротов ; под ред. П. М. Жуковского. – Л. : Колос, 1975. – С. 7–118.

6. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/osnovnye-pokazатели-za-period-s-_po-_gody_6/valovoi-sbor-osnovnyh-selsko-hozyaistvennyh-kultur/. – Дата доступа: 10.01.2022.

7. Нехаев, А. А. Высокие урожаи гречихи – каждый год / А. А. Нехаев, А. Н. Анохин. – Минск : Ураджай, 1988. – 39 с.

8. Кароза, С. Э. Анализ рострегулирующей активности конъюгатов эпикастастерона с органическими кислотами на примере гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench.) / С. Э. Кароза // Биотехнология: достижения и перспективы развития : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 25–26 нояб. 2021 г. / Полес. гос. ун-т ; редкол.: В. И. Дунай [и др.]. – Пинск, 2021. – С. 79–84.

9. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://www.sorttest.by/gosudarstvennyu_reyestr_2020.pdf. – Дата доступа: 03.02.2021.

10. Швайко, А. В. Анализ регуляторной активности конъюгата 24-эпикастастерона с янтарной кислотой на примере гречихи посевной сорта Влада [Электронный ресурс] / А. В. Швайко // Природа, человек и экология : электрон. сб. материалов X Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 30 марта 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: С. Э. Кароза (отв. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – С. 237–240. – Режим доступа: <http://rep.brsu.by/handle/123456789/9163>. – Дата доступа: 10.02.2024.

11. Воробьев, В. Н. Практикум по физиологии растений : учеб.-метод. пособие / В. Н. Воробьев, Ю. Ю. Невмержицкая, Л. З. Хуснетдинова. – Казань : Казан. ун-т, 2013. – 80 с.

[К содержанию](#)

УДК 691.3

Л. И. КАСТОРНЫХ, А. В. КАКЛЮГИН, М. А. ГИКАЛО

Российская Федерация, Ростов-на-Дону, ДГТУ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗИРОВКИ
ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫХ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ
В БЕТОННЫХ СМЕСЯХ, ПЕРЕКАЧИВАЕМЫХ
БЕТОНОНАСОСАМИ**

Бетононасосный принцип транспортирования и формирования железобетонных конструкций является перспективным способом производства как в монолитном строительстве, так и на заводах сборного железобетона. Бетононасосная технология требует использования бетонных смесей, которые для обеспечения перекачиваемости одновременно должны быть высокоподвижными и иметь повышенную связность и нерасслаиваемость.

Для перекачиваемых высокоподвижных тяжелых и мелкозернистых смесей общестроительного назначения по ГОСТ 7473 установлены требования к показателям расслаиваемости: величина водоотделения не должна превышать 0,8 %, а раство́роотделения – 4 %. Для высокоподвижных бетонных смесей при устройстве автодорог общего пользования по ГОСТ Р 59300 водоотделение не должно превышать 0,6 %, а раство́роотделение – 4 %. Для самоуплотняющихся смесей по ГОСТ Р 59714 расслаиваемость, характеризуемая величиной расслоения смеси на сите, должна быть не более 15–20 % (в зависимости от марки по удобоукладываемости).

Выполнение требований по стабильности (нерасслаиваемости) бетонных смесей обеспечивается оптимальным зерновым составом заполнителя и рациональным выбором минеральных компонентов, в первую очередь вяжущего и химических добавок [1]. Например, показатель водоотделения цемента для транспортного строительства по ГОСТ Р 55224 и цемента для автомобильных дорог общего пользования по ГОСТ 33174 должен быть не более 28 %. В присутствии суперпластификаторов водоотделение цемента увеличивается, поэтому на первом этапе подбора состава бетона, по мнению авторов, необходимо оценивать влияние добавки на водоудерживающую способность вяжущего и определять ее оптимальную дозировку по реологическим характеристикам цементной композиции [2].

В исследованиях, проведенных авторами, методика определения водоотделения композиций «цемент – вода – суперпластификатор»

базировалась на положениях ГОСТ 310.6. Влияние химических добавок на водоотделение портландцемента W , %, установлено по формуле:

$$W = (a - b) \times 100/a, \quad (1)$$

где a – первоначальный объем цементной композиции, см^3 ; b – объем осевшей композиции, см^3 .

При выполнении исследований дозировку суперпластификаторов назначали как среднюю величину интервала, рекомендуемого производителями добавок – 1 % массы цемента.

Методика определения оптимальной дозировки суперпластификатора по реологическим характеристикам цементных композиций предусматривала использование прибора, включающего вискозиметр Суттарда (цилиндр), сферическую чашу и стеклянное основание с разметкой окружностей (рисунок 1).

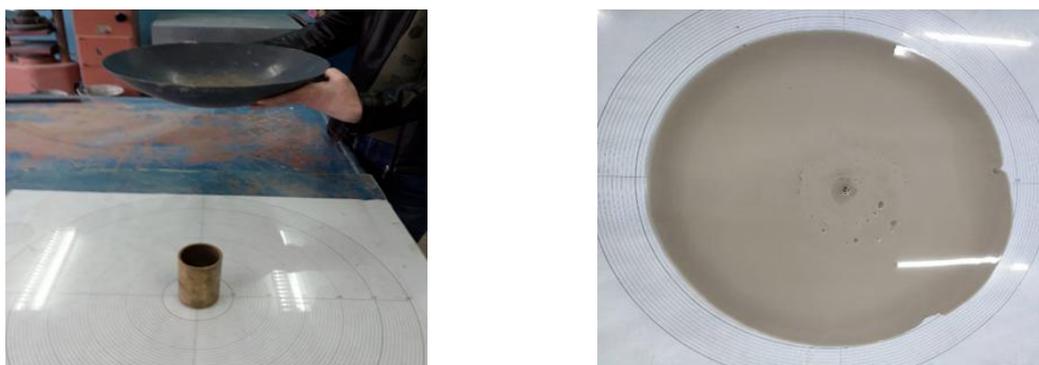


Рисунок 1 – Прибор для определения растекаемости цементной композиции

Для оценки влияния вида и дозировки суперпластификаторов на растекаемость и реологические свойства цементных композиций готовили суспензии с одинаковым водоцементным отношением $В/Ц = 0,5$ и расходом добавок в интервале, рекомендуемым их производителем.

Реологическую характеристику цементных композиций – предельные напряжения сдвига τ_o , Н/м^2 , рассчитывали по формуле, апробированной исследователями [3–5]:

$$\tau_o = (hd^2/kD^2) \times \rho, \quad (2)$$

где h , d – высота и диаметр цилиндра, м, соответственно; ρ – средняя плотность композиции, кг/м^3 ; D – диаметр расплыва композиции, м; $k = 2$ (по [3]).

В качестве вяжущего использовали бездобавочный портландцемент типа ЦЕМ 0 42,5Н завода «СебряковЦемент»: активность 50,6 МПа, нормальная густота цементного теста 26,75 %, удельная поверхность 364 м²/кг, начало схватывания 135 мин.

Для пластифицирования цементных композиций применяли комплексные суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов торговой марки Полипласт в виде жидкого продукта:

– Полипласт ПК тип S – суперпластификатор и ускоритель твердения бетона;

– Полипласт ПК тип R – суперпластификатор и замедлитель твердения бетона;

– Полипласт ПК – универсальный суперпластификатор для сборного и товарного бетона.

Результаты эксперимента по определению водоотделения цементных композиций с суперпластификаторами на основе поликарбоксилатов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Водоотделение цементных композиций

Тип цемента	Водоотделение, %			
	Без добавки	Полипласт ПК тип S	Полипласт ПК тип R	Полипласт ПК
ЦЕМ 0 42,5Н	4,4	25,3	15,4	16,5

Анализ результатов эксперимента свидетельствует, что в большей степени провоцирует водоотделение цемента суперпластификатор Полипласт ПК тип S, снижая водоудерживающую способность вяжущего почти в 6 раз. Добавки Полипласт ПК тип R и Полипласт ПК также снижают водоудерживающую способность цемента, но в меньшей степени \approx в 4 раза.

Для определения реологических характеристик цементных суспензий были приготовлены композиции с постоянным В/Ц = 0,5 и дозировкой добавок от 0,8 до 1,2 % массы цемента.

В ходе исследований выполняли визуальную оценку характера растекаемости цементных композиций. При этом критерием эффективности пластифицирующего действия добавок служила максимальная растекаемость цементной суспензии без признаков водоотделения. Показатели растекаемости и свойства цементных композиций приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства цементных композиций с суперпластификаторами

Наименование добавки	Дозировка добавки, %	Диаметр расплыва, см	Средняя плотность, кг/м ³	Предельные напряжения сдвига, Н/м ²	Признаки водоотделения
Без добавки	–	9,0	1908	294,4	Нет
Полипласт ПК тип S	0,8	52,5	1904	8,6	Нет
	1,0	54,5	1861	7,8	Нет
	1,2	55,5	1842	7,5	Есть
Полипласт ПК тип R	0,8	20,3	1915	58,1	Нет
	1,0	33,4	1912	21,4	Нет
	1,2	43,4	1908	12,7	Нет
Полипласт ПК	0,8	25,2	1911	37,6	Нет
	1,0	27,0	1904	32,6	Нет
	1,2	29,4	1896	27,4	Нет

Выполненные исследования подтверждают вывод о том, что реологические свойства цементных композиций в значительной степени зависят от строения молекул суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов (рисунок 2) [2; 6]. Чем сильнее заряд основной анионной цепи и короче длина боковых цепей добавки, тем быстрее происходит разрушение структурированной системы «цемент – вода», что характерно для суперпластификатора Полипласт ПК тип S при расходе 1,0 %.

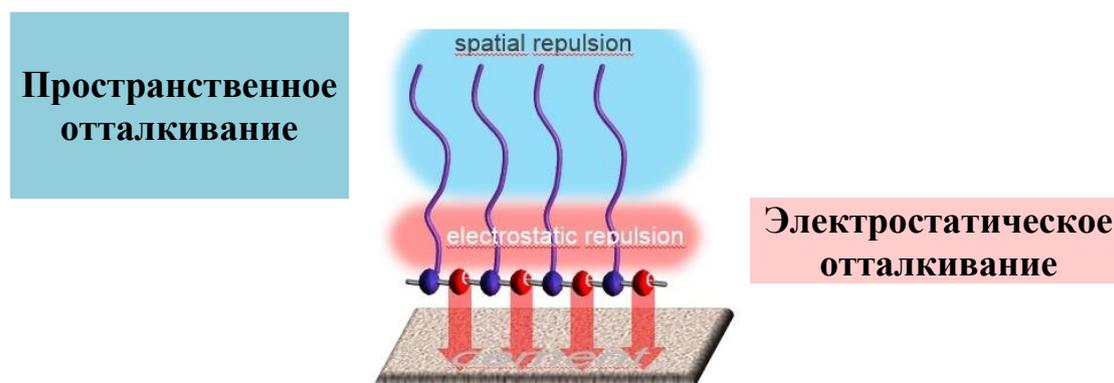


Рисунок 2 – Схема взаимодействия молекул эфиров поликарбоксилата с поверхностью частиц цемента

При увеличении длины боковых цепей суперпластификатора разрушение структуры замедляется и предельные напряжения сдвига цементных суспензий снижаются только при повышении дозировки добавки (суперпластификаторы Полипласт ПК тип R и Полипласт ПК при расходе 1,2 %).

В производственных условиях, выполняя комплексную оценку показателей водоотделения и реологических характеристик цементных композиций, можно оценить реологическую активность суперпластификатора и определить его оптимальную дозировку для конкретного цемента [7].

Оптимизацию расхода суперпластификатора, вяжущего и заполнителей в бетонных смесях для перекачивания по бетоноводам целесообразно выполнять путем моделирования технологических процессов методами математического планирования эксперимента [8].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахова, Л. Д. Требования к нормальной густоте, водопотребности и водоотделению цемента для транспортного строительства / Л. Д. Шахова, Р. А. Котляров // Строит. материалы. – 2018. – № 5. – С. 57–60. – DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-759-5-57-60>

2. Касторных, Л. И. Влияние водоудерживающих добавок на некоторые свойства самоуплотняющихся бетонов. Ч. I. Реологические характеристики цементных композиций / Л. И. Касторных, А. В. Рауткин, А. С. Раев // Строит. материалы. – 2017. – № 7. – С. 34–38.

3. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 368 с.

4. Исследование реотехнологических характеристик цементных и минеральных суспензий при разработке самоуплотняющихся бетонных смесей / А. С. Балыков [и др.] // Огарёв-Online. – 2018. – № 9 (114). – С. 3.

5. Исследование реотехнологической эффективности рецептуры цементных и минеральных суспензий / Т. А. Низина [и др.] // Сб. науч. тр. РААСН. – 2018. – Т. 2. – С. 378–386. – DOI: <https://doi.org/10.22337/9785432302663-378-386>

6. Богданов, Р. Р. Влияние пластифицирующих добавок на основе эфира поликарбоната и полиарила на физико-технические свойства цементных композиций / Р. Р. Богданов, А. В. Пашаев, М. В. Журавлев // Вестн. технол. ун-та. – 2018. – Т. 21, № 11. – С. 45–49.

7. Оценка эффективности инвестиционного проекта реконструкции предприятий крупнопанельного домостроения / И. В. Трищенко [и др.] // Жилищ. стр-во. – 2018. – № 10. – С. 39–44.

8. Математическое моделирование технологических процессов бетонирования монолитных конструкций из мелкозернистых смесей / Л. И. Касторных [и др.] // Современ. тенденции в стр-ве, градостр-ве и планировке территорий. – 2023. – № 2 (4). – С. 84–93. – DOI: <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-4-84-93>

[К содержанию](#)

УДК 595.773.4

Н. Ф. КОВАЛЕВИЧ, Е. А. ТАРАНИЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА ДИНАМИКУ
ЧИСЛЕННОСТИ ЛИНИИ BERLIN *DROSOPHILA*
*MELANOGASTER***

Тяжелые металлы ежедневно влияют на внутренние процессы, происходящие в живых организмах. Они включают широкую группу химических веществ, которые представляют собой большую опасность из-за сильного токсического действия как на человека и животных, так и на растения. Поэтому изучение действия данных веществ остается актуальным и в настоящее время. Одним из наиболее распространенных соединений тяжелых металлов является свинец. Он накапливается в почве, на поверхности водоемов, в растительных и животных организмах. Основными антропогенными источниками свинца являются автотранспорт, батарейки и автомобильные аккумуляторы. Удобным объектом для исследования действия тяжелых металлов является *Drosophila melanogaster*, которая служит модельной системой для изучения многих онтогенетических и клеточных процессов, общих для высших эукариот, включая человека. Данный вид сочетает в себе методические, поведенческие, генетические, анатомические и даже экономические преимущества.

Цель – оценить влияние ионов свинца на динамику численности линии Berlin *Drosophila melanogaster*.

Для постановки эксперимента использовалась линия Berlin *Drosophila melanogaster* из коллекции кафедры зоологии, генетики и химии БрГУ имени А. С. Пушкина. Это дикая линия, все гены нормальные. В качестве источника ионов свинца использовался нитрат свинца в трех концентрациях – ПДК, 10 ПДК, 100 ПДК. Мухи развивались на стандартной питательной среде. Далее к 4,5 мл питательной среды

добавлялось 0,5 мл раствора. В баночках с контролем ионы свинца отсутствовали. В пенициллиновые баночки помещали по две пары самок и самцов. Культивирование происходило при 23 °С. Плодовитость мух при различных вариантах воздействия оценивали у трех поколений. Подсчет мух проводился ежедневно в течение 14 суток.

В первые пять дней наблюдений численность особей F1 в присутствии концентраций ионов свинца ПДК, 10 ПДК и 100 ПДК увеличивалась (рисунок 1). Причем в вариантах с концентрацией 10 ПДК численность была выше, чем в остальных. В контрольном варианте наблюдается наименьшая численность. Далее зафиксирован спад численности к 14-му дню до одной или двух особей в разных вариантах воздействия. При концентрации 10 ПДК наблюдается повышение средней численности мух на 5-й день подсчета. Так же при концентрации ПДК зафиксировано повышение средней численности особей на 10-й день подсчета.

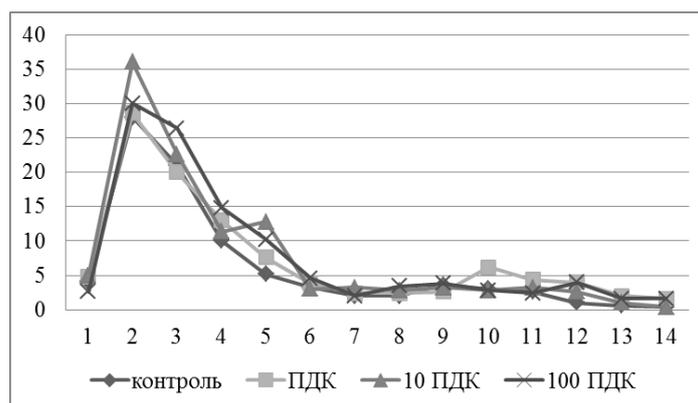


Рисунок 1 – Динамика численности имаго F1 линии Berlin *D. melanogaster*

Динамика численности в поколении F2 характеризуется примерно одинаковыми показателями для всех вариантов воздействия (рисунок 2).

Наблюдается более раннее снижение численности по сравнению с F1. После 11-го дня подсчета количество особей в каждом варианте воздействия равняется нулю по сравнению с первым поколением мух, где мухи были до последнего дня подсчета. Численность мух в контроле на 5-й день подсчета увеличивается по сравнению с другими концентрациями. Так же увеличение численности наблюдается для 100 ПДК на 3-й день, для 10 ПДК – на 8-й день и для 100 ПДК – на 9-й день. В целом кривая динамики численности имаго в F2 характеризуется плавным снижением количества мух по сравнению с первым поколением.

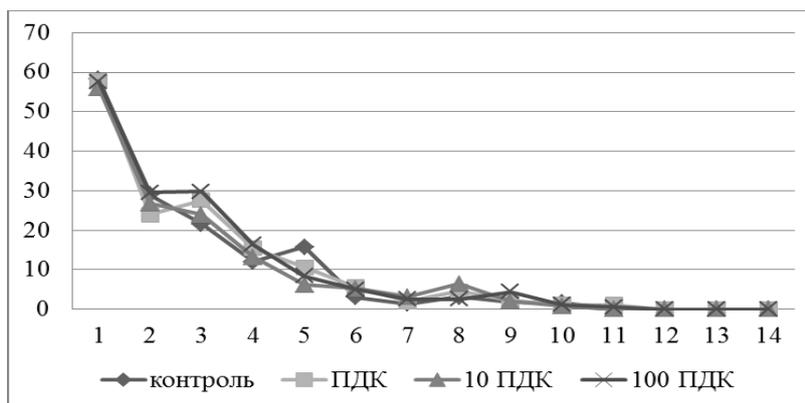


Рисунок 2 – Динамика численности имаго в F2 линии Berlin *D. melanogaster*

Влияние ионов свинца в концентрациях ПДК по сравнению с контролем привело к примерно одинаковым изменениям динамики численности особей, кроме первого дня, для которого в контроле характерны меньшие показатели численности, чем для ПДК (рисунок 3).

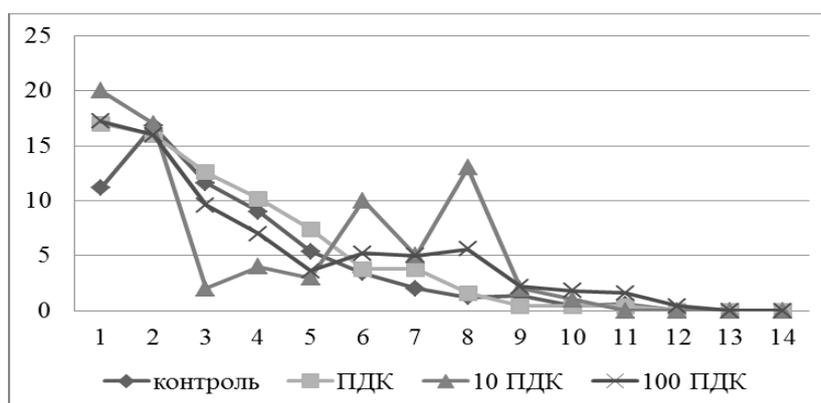


Рисунок 3 – Динамика численности имаго в F3 линии Berlin *D. melanogaster*

В то время как для концентрации 10 ПДК прослеживаются резкие изменения динамики в зависимости от разных дней цикла подсчета (для 4,6 и 8 дней – повышение, для 3, 5, 7 и 9 – понижение). Для варианта 100 ПДК характерно возрастание количества мух с 6 по 8 дни. Снижение до нуля наблюдается на 12-й день.

Таким образом, установлено, что ионы свинца незначительно изменяют динамику численности особей линии Berlin *Drosophila melanogaster* в поколениях F1 и F2. Динамика численности в F3 характеризуется всплеском количества мух при воздействии нитрата свинца в концентрации 10 ПДК по сравнению со всеми остальными вариантами воздействия.

[К содержанию](#)

УДК 546.287

В. В. КОВАЛЕНКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ТЕТРАСУКЦИНАТА 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ В ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В рамках реализуемой кафедрой зоологии, генетики и химии НИР «Оценка влияния природных брассиностероидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» исследуется биологическая активность 24-эпикастастерона и его новосинтезированных конъюгатов с кислотами, полученными в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси.

На предыдущем этапе исследования нами было изучено рострегулирующее действие 24-эпикастастерона, 2-моносалицилата 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона [1], а также протекторная активность 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона в отношении токсического действия ионов свинца на культуре тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) [2]. Показано, в частности, что 24-эпикастастерон демонстрирует большой стимулирующий эффект в отношении морфофизиологических и биохимических показателей тимофеевки луговой по сравнению с 2-моносалицилатом 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетатом 24-эпикастастерона.

Цель настоящей работы – изучение влияния тетраСУКЦИНАТА 24-эпикастастерона на морфометрические показатели тимофеевки луговой в лабораторном эксперименте. Для реализации поставленной цели нами исследовано действие различных концентраций тетраСУКЦИНАТА 24-эпикастастерона на показатели энергии прорастания, всхожести, длины корня и длины побега проростков тимофеевки луговой.

С целью предпосевной обработки семена замачивали в растворах тетраСУКЦИНАТА 24-эпикастастерона с концентрациями 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} , 10^{-11} М либо в воде (контроль) в течение 5 часов. Проращивание семян проводилось в соответствии с ГОСТ 12038–84 [3]. Повторность опыта четырехкратная. Энергия прорастания определялась на 4-е сутки, всхожесть – на 8-е сутки. На 8-е сутки также определялась длина корня и длина побега проростков. Статистическую обработку данных проводили по Рокицкому [4] с использованием стандартного пакета данных программы Microsoft Excel.

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице.

Таблица – Влияние тетрасулцината 24-эпикастастерона на морфометрические показатели тимофеевки луговой

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина побега, мм
Контроль	53,0 ± 2,50	66,0 ± 2,37	15,82 ± 0,61	22,32 ± 0,58
10 ⁻¹¹ М	54,0 ± 2,49	66,0 ± 2,37	13,63 ± 0,67*	21,84 ± 0,72
10 ⁻¹⁰ М	47,0 ± 2,50	54,0 ± 2,49***	17,08 ± 0,87	23,74 ± 0,73
10 ⁻⁹ М	42,0 ± 2,47**	53,0 ± 2,50***	11,89 ± 0,58***	20,03 ± 0,71*
10 ⁻⁸ М	54,0 ± 2,49	67,0 ± 2,35	17,21 ± 0,73	21,96 ± 0,68
10 ⁻⁷ М	48,0 ± 2,50	61,0 ± 2,44	17,48 ± 0,72	22,21 ± 0,65
10 ⁻⁶ М	48,0 ± 2,50	62,0 ± 2,43	11,63 ± 0,65***	20,89 ± 0,90
Примечание – * – достоверно при P ≤ 0,05; ** – при P ≤ 0,01; *** – при P ≤ 0,001.				

В отношении показателя энергии прорастания тетрасулцинат 24-эпикастастерона стимулирующего эффекта не проявляет. Достоверный ингибирующий эффект наблюдался в варианте опыта с концентрацией 10⁻⁹ М. Уменьшение показателя энергии прорастания в данном варианте опыта по сравнению с контролем составляет 11 %.

В отношении показателя всхожести тетрасулцинат 24-эпикастастерона стимулирующего эффекта также не проявляет. Достоверный ингибирующий эффект наблюдался в варианте опыта с концентрациями 10⁻⁹ М и 10⁻¹⁰ М. Уменьшение показателя энергии прорастания в опыте по сравнению с контролем составляет 13 % и 12 % соответственно.

Увеличение длины корня под действием тетрасулцината 24-эпикастастерона наблюдается в вариантах опыта с концентрациями тетрасулцината 24-эпикастастерона 10⁻⁷ М, 10⁻⁸ М и 10⁻¹⁰ М. Наибольший стимулирующий эффект наблюдается в варианте опыта с концентрацией 10⁻⁷ М. Однако достоверный стимулирующий эффект соединения ни в одном варианте опыта зафиксирован не был. В вариантах опыта с концентрациями тетрасулцината 24-эпикастастерона 10⁻⁶ М, 10⁻⁹ М и 10⁻¹¹ М наблюдается достоверное уменьшение длины корня. Наибольший ингибирующий эффект зафиксирован в варианте опыта с концентрацией 10⁻⁶ М. Уменьшение длины корня по сравнению с контролем в данном варианте опыта составляет 26,5 %.

Увеличение длины побега по сравнению с контролем наблюдается только в варианте опыта с концентрацией тетрасулцината 24-эпикастастерона 10⁻¹⁰ М. Прирост длины побега составляет 6,4 % по сравнению с контролем. В остальных вариантах опыта наблюдается уменьшение длины побега. Достоверный ингибирующий эффект

наблюдается при использовании концентрации 10^{-9} М. Уменьшение длины побега по сравнению с контролем составляет 10,3 %.

Таким образом, тетраацетат 24-эпикастастерона не проявляет ростстимулирующий эффект в отношении показателей энергии прорастания и всхожести семян тимофеевки луговой. Более отзывчивым к действию изучаемого стероидного соединения является показатель длины корня. В вариантах опыта 10^{-7} М, 10^{-8} М и 10^{-10} М наблюдается увеличение длины корня проростков тимофеевки луговой по сравнению с контролем. Увеличение длины побега наблюдается в варианте опыта с концентрацией 10^{-10} М.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosteroidов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы 2.3 «Химические основы процессов жизнедеятельности (Биоорхимия)» ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия» на 2021–2025 гг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко, В. В. Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические и физиолого-биохимические параметры тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В. В. Коваленко // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2022. – № 1. – С. 22–30.

2. Коваленко, В. В. Протекторная активность 24-эпикастастерона и тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона в отношении токсического действия ионов свинца на культуре тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В. В. Коваленко // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 1. – С. 31–40.

3. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.

4. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 504:631.6.02:911

А. П. КОЛБАС

Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт
НАН Беларуси
Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

ОЦЕНКА БИОРЕМЕДИАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РАСТЕНИЙ-КАНДИДАТОВ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

Введение. В настоящее время в результате активной антропогенной деятельности происходит загрязнение окружающей среды значительным количеством разнообразных поллютантов. Наиболее опасными по токсичности и степени распространения загрязнения являются тяжелые металлы (ТМ) [1].

Особую роль в очищении почвы от токсикантов играет биоремедиация, использующая метаболический потенциал растений и микроорганизмов. Применение биологических методов восстановления почвы обеспечивает экологическую безопасность и экономическую выгоду. В связи с этим актуальным является изучение процессов восстановления загрязненных почв с использованием различных растений-биоремедиантов [2].

При комплексном подходе [3] после определения физико-химических и экотоксикологических параметров загрязненных субстратов следующим важным этапом является тестирование в лабораторных и полевых условиях растений-кандидатов.

Материалы и методы. В качестве тестируемых культур использовали клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L., мутантная линия 1/67-35-190-04), сельфию пронзеннолистную (*Silphium perfoliatum* L.), сорго зерновое (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) и фестулолиум (*Festulolium*). Выбор объектов обусловлен высокой скоростью роста и индикативностью к полиэлементному загрязнению, выявленными в предыдущих исследованиях.

Для проведения исследования использовали почву со средним уровнем загрязнением ТМ. Для этого смешивали условно чистую почву с приусадебного участка (г. Брест) и свинцовую золу (ООО «Белинвестторг-сплав» г. Белоозерск) с заранее определенным содержанием ТМ в концентрации 1 %, так как при этой концентрации в предварительных опытах выживало большинство кандидатов [4].

С учетом валового содержания в почве и почвенном растворе были рассчитаны коэффициенты биологического накопления или аккумуляции (КБН) ТМ для надземных частей изученных растений [5], вычисляемые как отношение средней концентрации элемента в органах растений к его содержанию в соответствующей почве и показывающий способность растений избирательно поглощать химические элементы.

Результаты и обсуждение. В таблице приводятся значения КБН (коэффициенты биологического накопления) растений-кандидатов, рассчитанные как по валовому содержанию тяжелых металлов в почве, так и по их содержанию в растворах вытяжек. Считается, что если $\text{КБН} > 1$, то растение является накопителем исследуемого элемента (аккумулятор или концентратор). Если $\text{КБН} < 1$, то вид не концентрирует металл в своем организме (эксклюдер или деконцентратор) [6].

Таблица – КБН растений-кандидатов при среднем уровне загрязнения почвы и почвенного раствора ТМ

Растение	Почва							
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe	Cr
Клевер	0,001	0,061	0,090	0,749	0,005	0,318	0,012	0,149
Подсолнечник	н.о.	0,071	0,211	1,186	0,114	0,618	0,017	0,147
Сильфия	0,001	0,003	0,180	0,566	0,124	0,403	0,017	0,113
Сорго	н.о.	0,369	0,115	1,096	н.о.	0,370	0,019	0,381
Фестулолиум	0,001	0,079	0,154	1,284	0,025	0,402	0,018	0,168
	Почвенный раствор							
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe	Cr
Клевер	1,84	4,68	1,97	496,12	1,60	86,92	431,88	8,63
Подсолнечник	1,53	5,44	4,64	784,88	37,00	169,02	578,80	8,53
Сильфия	2,46	0,19	3,96	374,67	40,20	110,19	582,73	6,54
Сорго	н.о.	28,40	2,52	725,31	н.о.	101,26	668,23	22,09
Фестулолиум	4,09	6,08	3,37	850,28	8,13	110,12	633,02	9,74
Примечание – н.о. – ниже предела обнаружения.								

Следует отметить, что по валовому содержанию в почве большинство ТМ относилось к элементам слабого захвата. Только накопление цинка для подсолнечника, сорго и фестулолиума превышало 1, что позволяет отнести эти растения к накопителям данного ТМ. Минимальные значения зафиксированы для свинца и железа и если

в первом случае это связано с малой подвижностью, то в случае железа – с высокой концентрацией этого эссенциального элемента в почве.

В настоящее время в большинстве прикладных исследований большое значение придается учету растворимых и биологически доступных фракций ТМ. Значения КБН, рассчитанные по подвижным формам в почвенном растворе, на порядки выше (таблица), при этом следует отметить значительный вынос растениями Zn, Mn, Fe (важнейших элементов минерального питания растений). Причем лидирующие позиции в данном случае приобретает фестулолиум. Для этого кандидата отмечены и максимальные значения по Pb. Для сальфии пронзеннолистной характерно высокая накопительная способность к подвижным фракциям никеля. Значительная способность к накоплению кадмия и хрома была выявлена у сорго, что подтверждает высокий потенциал при использовании данной культуры в фитоэкстракции ТМ.

Заключение. В ходе работы показано, что на основании КБН, рассчитанных как с учетом почвы, так и почвенного раствора, можно определять растения-кандидаты, перспективные для биоремедиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдова, С. Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасова. – М. : РУДН, 2002. – 140 с.
2. Agronomic practices for improving gentle remediation of trace-element-contaminated soils / P. Kidd [et al.] // *Int. J. Phytoremediation*. – 2015. – P. 1005–1037.
3. Kolbas, A. Bioremediation of metal contaminated soils using phytoextraction strategies and biomass production / A. Kolbas, M. Mench, N. Kolbas // *Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12–14 сент. 2019 г. : в 2 ч. / Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 1. – С. 13–16.*
4. Колбас, А. П. Оценка токсичности почв с полиэлементным загрязнением на территории Брестского региона / А. П. Колбас, М. А. Пастухова, М. М. Дашкевич // *Менделеевские чтения – 2020 : материалы Междунар. науч.-метод. конф. по химии и хим. образованию / БрГУ им. А. С. Пушкина. – Брест, 2020. – С. 61–65.*
5. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Астрей-2000, 1999. – 768 с.
6. Metal hyperaccumulator plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils / A. J. M. Baker [et al.] // *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water / ed. N. Terry, G. S. Vanuelos. – Boca Raton, CRC Press, 2000. – Ch. 5. – P. 85–107.*

[К содержанию](#)

УДК 504:581.192:632.937

А. П. КОЛБАС^{1,2}, Н. Ю. КОЛБАС^{1,3}, О. В. СИНЧУК⁴

¹ Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт
НАН Беларуси

² Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

³ Беларусь, Минск, Центральный ботанический сад НАН Беларуси

⁴ Беларусь, Минск, БГУ

ОЦЕНКА РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В САДОВОДСТВЕ ИНТЕНСИВНЫХ МЕТОДОВ ХИМИЗАЦИИ, И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Интенсивные методы ведения хозяйства и близость к источникам загрязнения могут способствовать накоплению потенциально токсичных элементов (ПТЭ) в почвах и растениеводческой продукции. Так, согласно литературным данным [1] в огородных почвах и овощных культурах жилой усадебной застройки г. Бреста отмечается повышенное содержание некоторых Zn и Pb. Зарубежные авторы отмечают накопление ПТМ в садово-огородных почвах и растениях в зоне влияния промышленных производств [2]. Нами установлено, что при аэральном загрязнении в листьях малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), произрастающей в радиусе до 300 м от источника промышленного загрязнения (Березовский район, Брестская область), накапливаются Cd, Pb, V, Mo и Ti, в плодах – Cd, Pb, V, Mo, Cu и Co. Так, содержание Pb в листьях *R. idaeus* составило $18,03 \pm 0,8$ мг/кг сухого вещества, в плодах – $1,53 \pm 0,07$ мг/кг. Отметим, что растения *R. idaeus* фоновых стационаров характеризуются довольно низким содержанием этого элемента (до 0,3 мг/кг в листьях и менее 0,001 мг/кг в плодах). При многократной промывке указанного растительного материала содержание Pb снижается, но превышает верхние пороги фоновых значений.

ПТЭ также накапливаются в почве и растениеводческой продукции при внесении значительных объемов удобрений. Наиболее существенными как по набору, так и по концентрациям примесей являются фосфорные удобрения, в которых могут содержаться Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Zn. Развитию геохимических аномалий в агроценозах также способствуют многочисленные обработки пестицидами и, в частности, фунгицидами, при которых усиливается накопление Zn, Cu, а также Pb и Fe [3]. Нами выявлено превышение содержания As в почвах отдельных локаций

в г. Бресте (2,51 мг/кг, при ПДК 2,0 мг/кг), что, вероятно, связано с длительным применением пестицидов на этих участках.

Для снижения экологических рисков, связанных с загрязнением окружающей среды ТМ, в мировой практике активно внедряются принципы органического земледелия, основанные на использовании экологосовместимых технологий. Отмечен устойчивый мировой рост как числа потребителей органической продукции (700 млн человек в 2020 г., повышение более чем в 5 раз за последние 15 лет), так и площади земель, сертифицированных для ее производства (увеличение в 6,5 раз). В Республике Беларусь 19 ноября 2019 г. вступил в силу закон «О производстве и обращении органической продукции». В настоящее время производством органической продукции в стране (оперативная информация) занимается порядка 27 субъектов хозяйствования, включая крестьянские (фермерские) хозяйства, личные подсобные хозяйства граждан, сельскохозяйственные и другие субъекты (всего 1600 га), причем по объемам Брестская область занимает первое место в стране. В Беларуси разработаны некоторые принципы ведения органического сельского хозяйства, в особенности овощных культур. В РУПП «Институт защиты растений» разработаны и производятся препараты как для биологической борьбы с вредителями и болезнями (Бактоцид, Фунгилекс), так и для повышения плодородия почв (Ресойлер). Преимуществами биологических препаратов в сравнении с химическими пестицидами является отсутствие фитотоксичности, безвредность для теплокровных животных, полезных насекомых и микробиоценозов, низкий риск экологически опасного накопления в окружающей среде [4].

За последние 15 лет в Беларуси промышленное возделывание плодовых и ягодных культур интенсивно развивается, что обеспечивает продовольственную безопасность страны, но и требует привлечения новых технологий, в том числе с элементами органического земледелия. Согласно данным Государственного реестра перечень сортов сельскохозяйственных растений, допущенных к реализации, производству и использованию на территории республики, включает порядка 159 наименований плодовых и ягодных культур. Одна из приоритетных задач в селекции – повышение экологической адаптации сортов к отрицательным биотическим и абиотическим факторам конкретного региона выращивания. За последние десятилетия сотрудниками Института плодородия созданы новые сорта яблонь (Белана, Дыямент, Зорка, Красавіта, Нававіта, Паланэз, Сакавіта, Ранак, Крапач (З. А. Козловская и др., 2020)), груш (Вилия, Купала, Спакуса), черешни (Минчанка, Соперница, Беліца (А. А. Таранов и др., 2022)), вишни (Конфитюр, Ласуха, Милавица, Несвижская). Также активно ведется интродукция новых для

Беларуси сортов. Кроме того, систематически проводится диагностика вирусных, вирусоподобных и бактериальных патогенов, а также пополняются базовые коллекции безвирусных растений [5].

Плодовые и ягодные культуры оцениваются по хозяйственно-ценным признакам (зимостойкость, сроки созревания, урожайность, устойчивость к патогенам, дегустационная оценка, товарность, экономическая эффективность от культивирования и реализации). Среди биохимических параметров анализируют содержание в плодах сухого вещества, сахаров, кислот и аскорбиновой кислоты. В то же время недостаточно внимания уделяется изучению содержания в плодах пищевого назначения фенольных соединений, имеющих лечебно-профилактическое действие по отношению ко многим заболеваниям человека. Отметим, что содержание БАВ определяется как генетическими особенностями растений, так и экологическими факторами, в том числе особенностями культивирования. Многие авторы указывают на сорто-специфичность накопления плодами фенольных соединений. Для отдельных культур варьирование этого параметра находится в довольно широких пределах: сорта *Malus domestica* L. – от 15,86 (сорт Empire) до 307,3 мг галловой кислоты на 100 г сырых плодов [6], *R. idaeus* – от 57,51 (Ample) до 359 мг/100 г (сорт Ville), *Prunus cerasus* L. – от 87,63 (Жывіца) до 184,01 мг/100 г (Любанская 2), *Prunus avium* L. – от 20,7 (Гасцинец) до 73,6 мг/100 г (Гронковая).

Благодаря географическому расположению и климатическим условиям, юго-запад Брестской области является своеобразными «воротами» для проникновения новых видов насекомых, причем как полезных, так и вредителей. В 2022 г. на территории Брестского района нами впервые был отмечен новый для Беларуси вид пчелы (*Andrena fulva* Müller, Hymenoptera: Andrenidae). В то же время отмечается тенденция по смене нативных видов вредителей инвазивными.

Комплекс вредителей и болезней важнейших плодово-ягодных культур был исследован на территории Европы и позволил установить 573 вида-вредителя для представителей рода *Malus*, 555 видов – для *Rubus*, около 209 видов – для *Ribes*. На территории Беларуси до настоящего времени полный комплекс фитофагов-вредителей и их трофические связи с представителями родов яблоня, смородина, малина и вишня изучены недостаточно. Имеются лишь разрозненные сообщения, сводки со второй половины XX в. и отдельные сведения по исследуемым группам и таксонам членистоногих [7].

Таким образом, вопросы комплексной оценки экологического состояния садовых агроэкосистем на территории Беларуси и Брестского региона, а также влияния методов органического земледелия на качество

продукции и накопление ТМ остаются малоизученными и требуют детальной проработки.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ Х-24Б-005 «Комплексное исследование садовых агроэкосистем Брестского региона с целью повышения качества и экологичности продукции при переходе к органическому земледелию».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Содержание тяжелых металлов в огородных почвах жилой усадебной застройки г. Бреста / Н. В. Михальчук [и др.] // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2020. – № 2. – С. 104–109.

2. Quality of garden strawberry fruit grown under conditions of technogenic pollution / O. Petrova [et al.]. // Food science and technology. – 2020. – Vol. 14, iss. 4. – P. 122–129.

3. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н. М. Белоус [и др.] // Вестн. Брян. гос. с.-х. акад. – 2006. – № 1. – С. 22–29.

4. Эффективность применения биологических препаратов в агроценозе кормовых бобов в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 3. – С. 296–311.

5. Васеха, В. В. Современное состояние плодоводства в Республике Беларусь / В. В. Васеха, А. А. Таранов // Плодоводство. – 2019. – Т. 31. – С. 7–12.

6. Effect of the year and storage on ascorbic acid content and total polyphenol content in three apple varieties / J. Lachman [et al.] // Czech J. of Food Sci. – 2000. – Vol. 18. – P. 71–74.

7. Пискунов, В. И. К изучению видового состава микрочешуекрылых (Lepidoptera: Yponomeutidae, Argyrestidae, Plutellidae, Tortricidae) Беларуси / В. И. Пискунов, З. С. Гершензон, В. В. Кавурка // Весн. ВДУ. – 2012. – № 4 (70). – С. 73–84.

[К содержанию](#)

УДК 504:628.477

А. П. КОЛБАС^{1,2}, В. С. НЕСТЕРУК³

¹Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт
НАН Беларуси

²Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

³Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ НА СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ФЕСТУЛОЛИУМА

Введение. Энергетическая безопасность Республики Беларусь обеспечивается, в том числе, широким вовлечением в топливный баланс местных видов топлива, возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. В настоящее время все больше вовлекаются древесное топливо и растительная биомасса [1; 2]. В результате работы топочных установок образуется зола.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что золу и золошлаковые материалы можно применять в сельском и лесном хозяйстве, в зеленом и дорожном строительстве, металлургии, нефтехимической промышленности, биоэнергетике и сельском хозяйстве. Зола содержит различные элементы, имеющие как питательное, так и токсическое влияние на растения в зависимости от концентрации как ценных питательных элементов, так и токсичных, в том числе и тяжелых металлов (ТМ) [3].

Материалы и методы. Почвенные смеси формировались после тщательного перемешивания незагрязненных контрольных почв (отдел «Агробиология» БрГУ имени А. С. Пушкина) с золой (получена в котельных региона, работающих на местных видах топлива) в соотношении от 90 : 10 %, данный фитотоксичный порог был выявлен на предыдущем этапе. Одновременно готовили варианты с торфом (торф фрезерный верховой «Янтарь Полесья» – рН 3,0–4,5, производитель ОАО «Торфопредприятие Глинка», Республика Беларусь) 10 % и 20 % по массе [4]. Через пять дней вносили комплексное минеральное удобрение – аммофоску (NPK) из расчёта 40 г/м² или 1 % [5] (таблица).

Для проведения анализа по 10 семян высевали в каждый горшок в четырехкратной повторности. Затем горшки помещали в климатизированное помещение Зимнего сада Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина со следующими условиями: световой режим – 14 ч, освещение – 150 мкмоль м⁻²с⁻¹, температура 25 °С (день) / 22 °С (ночь), относительная влажность – 65 % [6]. Горшки были расставлены

в случайном порядке и поливались водопроводной водой. Растения были собраны через три недели на стадии двух-трех настоящих листьев.

После высушивания был осуществлен химический анализ растений. Пробоподготовка производилась по ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов» [7].

Таблица – Состав почвенных смесей и кодировка

Код	Расшифровка
L-s	Длина побега
L-r	Длина корня
M-s	Масса побега
M-r	Масса корня
v1	Контроль
v2	Торф (10 %)
v3	Аммофоска (1 %)
v4	Торф (10%) и Аммофоска (1 %)
v5	Зола (10 %)
v6	Зола (10%) и Торф (10 %)
v7	Зола (10 %) и Торф (20 %)
v8	Зола (10 %) и Аммофоска (1 %)
v9	Зола (10 %), Торф (10 %) и Аммофоска (1 %)

В подготовленных пробах определяли валовое содержание следующих элементов: Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Co, Cr, As, Sn, Sb, Se, Mo, V, Ti, K, Na, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Al, P, S. Анализ производился в Лаборатории биогеохимии Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси по ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом» [8] с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 ICP-AES-DUO (производства Thermo Scientific).

В статистическом анализе использовались только элементы, содержание которых в золе значительно превышало ПДК [9]: Cd, Zn, K, Na, Ca, Mg, P.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ Microsoft Excel и R версия 4.3.1 (Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия), она включала в себя дисперсионный анализ, корреляционный анализ и создание графиков анализа главных компонент (Principal Component Analysis). Значения были предварительно обработаны. Значения p не превышали 0,05.

Результаты и обсуждение. Для оценки воздействия золы и почвенных смесей на фестулолиум был проведен анализ главных

компонент (PCA) морфометрических данных и данных о переносе тяжелых металлов в растениях (рисунок).

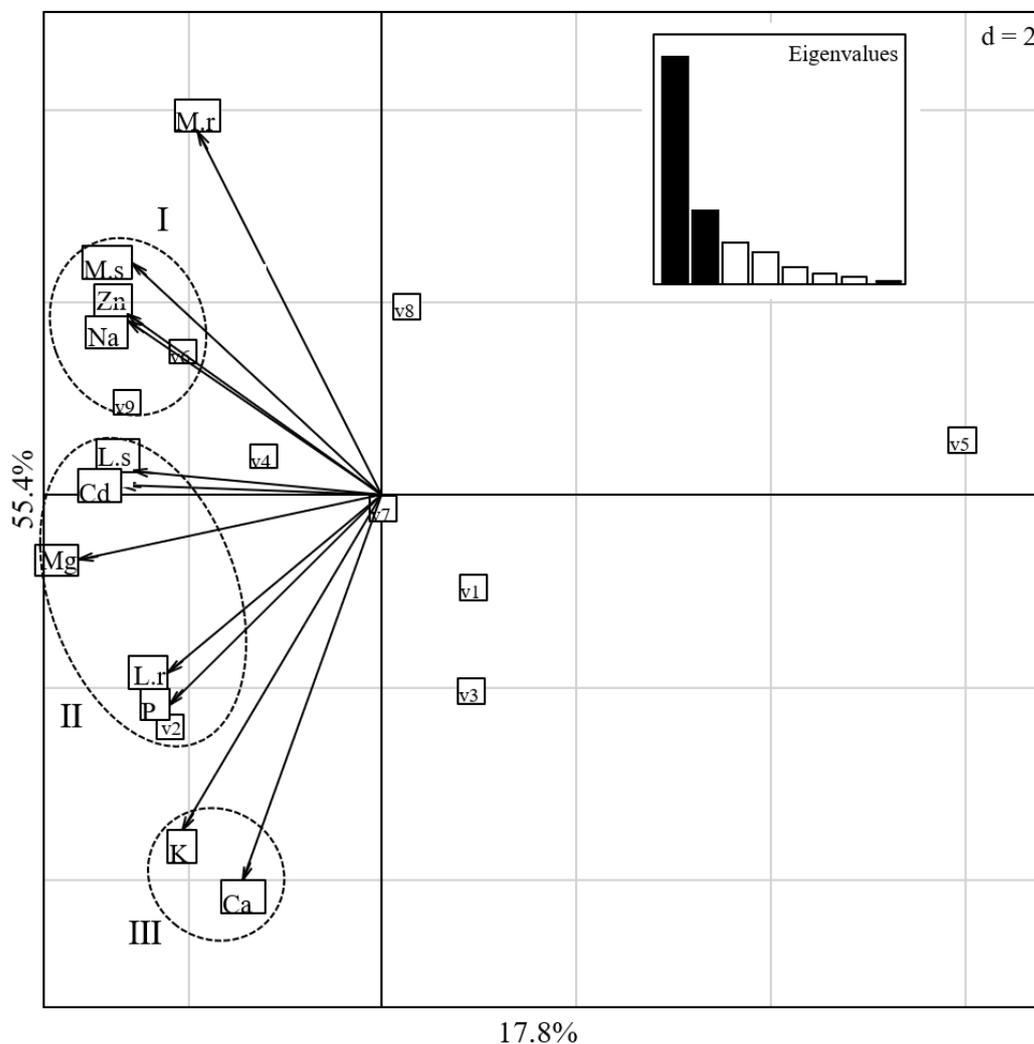


Рисунок – Отображение структурных параметров и коэффициентов транслокации фестулолиума в пространстве двух факторов (PCA) (кодировка согласно таблице)

График анализа основных компонентов (PCA) описывает 73,2 % общего варьирования (ось № 1 – 55,4 %, ось № 2 – 17,8 %) и показывает некоторые группы параметров. Горизонтальная ось объясняет влияние золь на морфометрические параметры, тогда как вертикальная – влияние добавок на минеральный состав.

В группе I депонирование показателей осуществляется v9 и v6. Отмечается сильная достоверная связь между собой трех морфологических параметров: длины стебля с массой стебля (0,825) и длины стебля с длиной корня (0,735). Оставшийся морфометрический параметр, а именно масса

корня, выделяется из-за несовершенства методики извлечения корней из почвы и возможной утери некоторых частей образцов. В данной группе показателей сильную достоверную связь между собой показали такие элементы, как Zn и Na (0,692), а также сильно коррелируют с массой побега (0,637 и 0,909 соответственно).

В группе II особенно сильную связь можно наблюдать у Mg с показателем длины стебля (0,77), а в I группе – цинк и массовые показатели, что можно объяснить тем, что при активном приросте биомассы происходит усиленное поглощение большинства элементов, причем кадмий стабилизируется в корнях, а цинк и магний переносятся в надземные части, это связано с тем, что они, являясь эссенциальными элементами, выполняют важные физиологические роли (цинк входит в состав ферментов дыхания, а магний – в состав хлорофилла). Также наблюдается сильная корреляционная связь между Cd и Zn (0,916), однако на второй элемент фестулолиум не оказал фитостабилизационного эффекта, что может приводить к чрезмерному накоплению данного металла в побегах. В данной группе основным вариантом опыта, характеризующим все параметры, являлся v2, при этом наблюдается связь между данным вариантом опыта (торф) и транслокацией P, что говорит об изменении доступности данного элемента при внесении торфа и о влиянии данного элемента на развитие корневой системы фестулолиума.

В группе III транслокация кальция имеет отрицательную корреляцию с массой корней (-0,2). Это объясняется повышением осмотического давления почвенного раствора (засоление) при увеличении содержания и подвижности ионов этого металла, особенно при совместном внесении золы и минеральных удобрений. При этом Ca имеет сильную достоверную корреляционную связь с K (0,7), что показывает зависимость содержания данных элементов друг от друга.

Также стоит отметить, что на графике вариант опыта v5 (зола без добавок) находится в противоположной части графика относительно большинства тестируемых параметров эффективности и практически лежит на горизонтальной, это означает, что данная добавка противоположна по влиянию на исследуемые факторы, следовательно, внесение золы без смешения ее с другими почвенными добавками не рекомендуется, так как негативно отражается на морфометрических параметрах и погложительных свойствах фестулолиума. При этом вариант опыта v8 по вертикальной оси достаточно близок к параметрам группы I, а v1 и v2 – к группе II.

Заключение. В ходе проведенной работы подтверждена эффективность совместного использования золы с улучшающими добавками. Оценено влияние смесей на поглощение и транслокацию

макро- и микроэлементов. Подтверждены фитостабилизационные свойства фестулолиума по отношению к некоторым опасным ТМ (кадмий, свинец).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мясникович, М. В. Управление системой обеспечения экономической безопасности / М. В. Мясникович, С. С. Полоник, В. В. Пузиков. – Минск : Право и экономика, 2006. – 380 с.

2. Шибека, Л. А. Исследование безопасности применения древесной золы в качестве удобрения / Л. А. Шибека, Т. Г. Бельская // Экология. Риск. Безопасность : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Курган, 29–30 окт. 2020 г. – Курган, 2020. – С. 199–200.

3. Золоотвалы ТЭЦ как потенциальные источники загрязнения окружающей среды / В. С. Хомич [и др.] // Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования : сб. науч. тр. – Минск, 2012. – Вып. 21. – С. 124–135.

4. Биотестирование смесей древесной золы и мелиорантов на некоторых сельскохозяйственных культурах в лабораторных условиях / А. П. Колбас [и др.] // Экотоксикология-2022 : материалы V Всерос. конф. с междунар. участием и элементами науч. шк. для молодежи, 30 сент. – 1 окт. 2022 г. / под ред. канд. хим. наук В. А. Алферова. – Тула : ТулГУ, 2022. – С. 95–97.

5. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек. – Майкоп : ПолиграфЮГ, 2013. – С. 571.

6. Качество почвы. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП–АЭС) : ГОСТ ISO 22036-2014. – Введ. 01.04.2017. – Минск : Госстандарт, 2016. – 24 с.

7. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов : ГОСТ 26929-94. – Взамен ГОСТ 26929-86 ; введ. 01.01.1996. – М. : Стандартинформ, 2010. – 12 с.

8. Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом : ГОСТ 30538-97. – Взамен ГОСТ 26929-86 ; введ. 01.01.1996. – М. : Росстандарт, 1996. – 12 с.

9. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению : ЭкоНиП 17.03.01-001-2021. – Взамен 17.03.01-001-2020 ; введ. 01.07.2022. – Минск : М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2021. – 34 с.

[К содержанию](#)

УДК 504.31

О. А. КОНОПАЦКАЯ, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ВОЗДУХА ФИЛИАЛОМ
ОАО «БЕРЕСТЕЙСКИЙ ПЕКАРЬ» ЛУНИНЕЦКИЙ
ХЛЕБОЗАВОД ЗА ПЕРИОД 2021–2023 ГГ.**

Современное предприятие – это сложный производственный комплекс, включающий разнообразные цеха, а иногда и отдельные заводы, которые в значительной степени могут загрязнить воздушный бассейн окружающего района. Избежать этого полностью при существующем уровне развития техники невозможно. Поэтому предусмотрена санитарная охрана атмосферного воздуха, т. е. система мероприятий, направленных на обеспечение необходимой чистоты воздуха и поддержание здоровья человека. В этой связи большую роль играет постоянный мониторинг выбросов в атмосферу различных загрязняющих веществ.

Цель исследований – осуществить мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух филиалом ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод за период 2021–2023 гг.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу воздуха на предприятии филиала ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод являются стационарные источники.

По агрегатному состоянию выбросы загрязняющих веществ в атмосферу могут быть газообразными, жидкими и твердыми. К газообразным относятся диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и другие, к жидким – кислоты, растворы солей, щелочи. Твердые выбросы – это канцерогенные вещества, свинец, сажа, смолистые вещества [1].

На предприятии филиала ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод преобладают газообразные выбросы, среди которых монооксид азота (NO) и аммиак (NH₃).

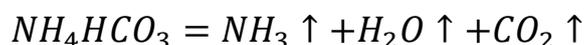
Материалы и методы исследования. В качестве материала исследования использовались данные по выбросам загрязняющих веществ, предоставленные предприятием филиала ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод, а также литературные источники. В качестве методов исследования применяли статистическую обработку данных.

В результате исследований сделан анализ динамики выбросов азотсодержащих загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В качестве исследуемых веществ взяты монооксид азота и аммиак.

Монооксид азота – бесцветный газ, без запаха. На предприятии филиала ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод монооксид азота выбрасывается при сжигании ископаемого топлива, которое используется для выпечки хлебобулочных изделий.

В атмосфере воздуха монооксид азота может вступать в реакцию с солнечным светом и другими химическими веществами с образованием смога.

Аммиак (NH_3) – это бесцветный газ с резким характерным запахом. Соли аммония используются на кондитерских предприятиях в качестве разрыхлителя. Примером может быть гидрокарбонат аммония (NH_4HCO_3), так как он легко разлагается при нагревании и образует газы, разрыхляющие тесто:



Выбросы аммиака попадают в стационарные источники и выбрасываются в атмосферу воздуха.

Результатом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу воздуха предприятиями является экологическая проблема загрязнения воздуха.

Монооксид азота (NO) относится к третьему классу опасности. Предельно допустимое количество (ПДК) выбросов монооксида азота, установленное для предприятия – 0,214 т/год. На рисунке 1 представлены количественные данные выбросов монооксида азота в атмосферный воздух за период 2021–2023 гг.

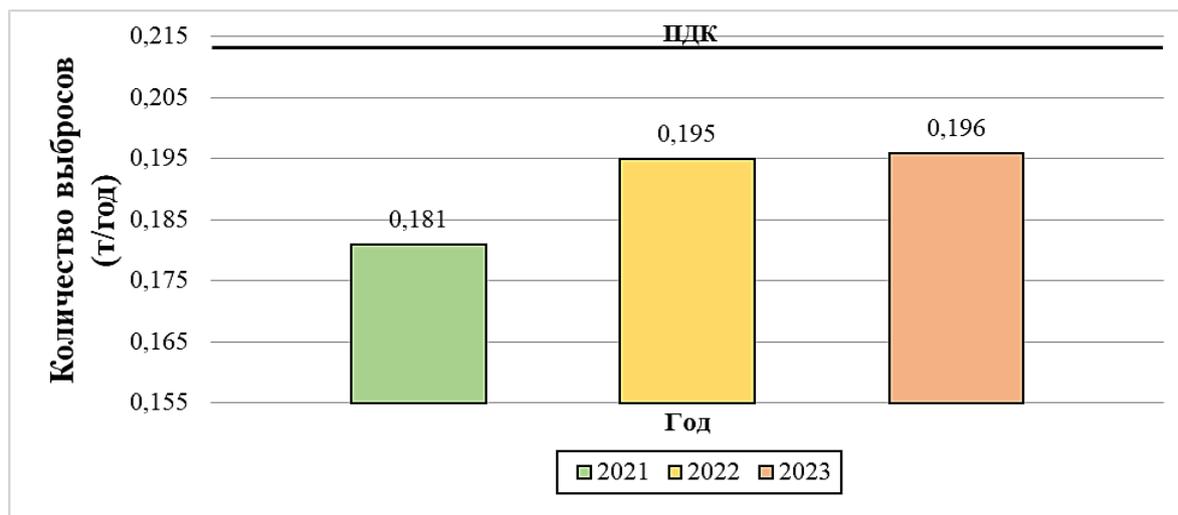


Рисунок 1 – Динамика выбросов монооксида азота за период 2021–2023 гг.

Выбросы монооксида азота Лунинецким хлебозаводом за период 2021–2023 гг. имеют тенденцию на увеличение. Количество выбросов монооксида азота в 2022 г. увеличилось по сравнению с 2021 г. на 7,1 %. В 2023 г. наблюдается незначительное увеличение выбросов по сравнению с 2022 г. на 0,1 %. ПДК выбросов монооксида азота на предприятии не превышаетя.

Выбросы аммиака остаются в атмосфере от нескольких часов до нескольких дней и осаждаются в основном в непосредственной близости от источника поступления. Однако значительная его часть превращается в катион аммония и соли аммония. Эти соединения осаждаются на более значительных расстояниях в виде влаги с дождем или туманом [2].

Аммиак относится к четвертому классу опасности. Допустимое количество выбросов аммиака, установленное для предприятия – 0,051 т/год. На рисунке 2 представлены количественные данные выбросов аммиака в атмосферный воздух за период 2021–2023 гг.

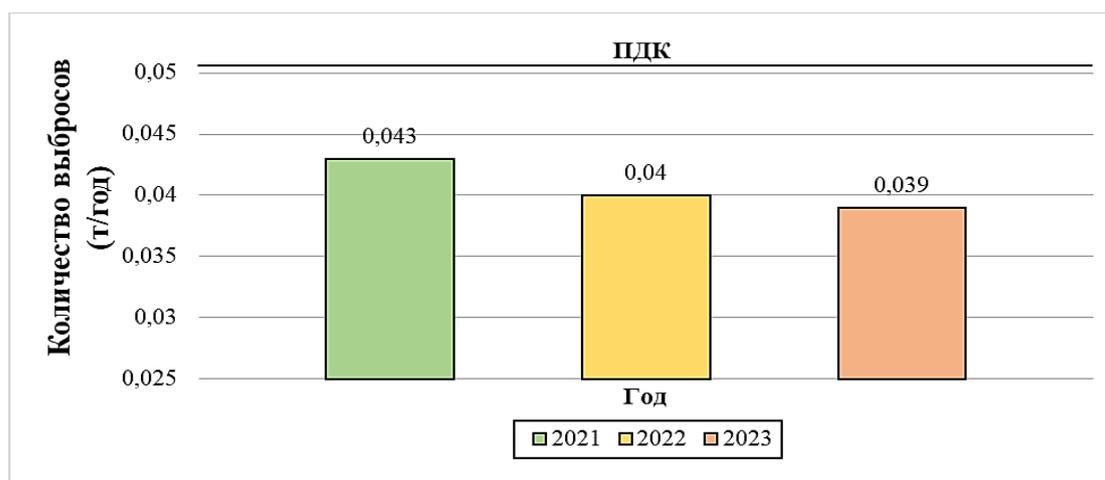


Рисунок 2 – Динамика выбросов аммиака за период 2021–2023 гг.

Выбросы аммиака ежегодно уменьшаются за период 2021–2023 гг. Количество выбросов аммиака в 2022 г. уменьшилось по сравнению с 2021 г. на 2,5 %. В 2023 г. выбросы уменьшились на 6,9 % по сравнению с 2022 г. ПДК выбросов аммиака на предприятии не превышаетя.

Общее количество выбросов (ОКВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух Лунинецким хлебозаводом за период 2021–2022 гг. имеет тенденцию на увеличение. Допустимое ОКВ на предприятии составляет 13,191 т/год. ОКВ в 2022 г. (12,557 т/год) увеличилось на 0,9 % по сравнению с 2021 г. (12,435 т/год), а в 2023 г. (12,591 т/год) на 0,27 % по сравнению с 2022 г. Общее количество выбросов на предприятии не превышает допустимое количество.

Выбросы аммиака от ОКВ за период 2021–2023 гг. не изменяются и составляют 0,3 % (рисунок 3). Выбросы монооксида азота от ОКВ за период 2021–2023 гг. ежегодно увеличиваются на 6,7 %

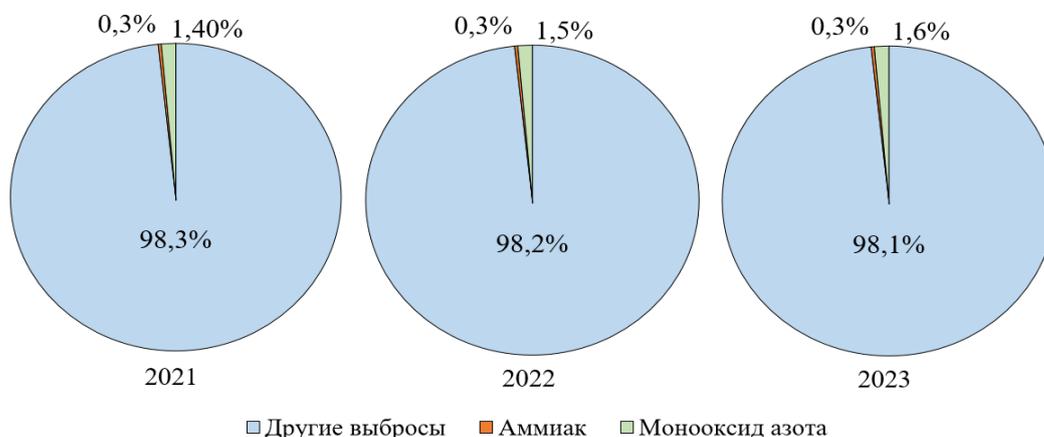


Рисунок 3 – Доля выбросов аммиака и монооксида азота от общего количества выбросов на предприятии за период 2021–2023 гг.

Выводы. 1. Количество выбросов монооксида азота (NO) филиалом ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод за период 2021–2023 гг. ежегодно увеличивается.

2. Количество выбросов аммиака за период 2021–2023 гг. ежегодно уменьшается, это связано с уменьшением количества использования солей аммония на предприятии.

3. Выбросы монооксида азота и аммиака на предприятии не превышают предельно допустимое количество.

4. Происходит ежегодное небольшое увеличение ОКВ на предприятии за период 2021–2023 гг. ОКВ загрязняющих веществ филиалом ОАО «Берестейский пекарь» Лунинецкий хлебозавод не превышает ПДК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах / И. С. Давыдова, А. В. Гапоненко // Sciences of Europe : науч. журн. – 2017. – № 110. – С. 31.

2. Эмиссия аммиака и ее последствия для окружающей среды / П. И. Гриднев, Т. Т. Гриднева, А. А. Шведов // Вестн. Всерос. науч. ин-та. – 2018. – № 1. – С. 29.

[К содержанию](#)

УДК 632.154:57.054:042.5

О. В. КОРЗЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ КОНЬЮГАТОВ ПРИРОДНЫХ БРАССИНОСТЕРОИДОВ С КИСЛОТАМИ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АМАРАНТА

Существенным фактором повышения продуктивности декоративных культур, по мнению ряда ученых, является применение регуляторов роста растений класса brassinosteroidов. Эти соединения имеют природную структуру, широко распространены в растительном мире, являются привычными для человека и животных вследствие обычного попадания в организм вместе с пищей и метаболизма традиционными путями, что в значительной степени гарантирует безопасность их применения. Дозы, с помощью которых достигается эффект от применения brassinosteroidов в сельском хозяйстве, сопоставимы по величине с их содержанием в природных объектах, в связи с чем замена части традиционных химических средств ухода за посевами на данные соединения позволит оздоровить окружающую среду и получить экологически чистую продукцию [1].

Амарант является перспективной сельскохозяйственной культурой, так как обладает высокой биологической продуктивностью, экологической пластичностью и исключительным адаптивным потенциалом, обеспечивающим широкое распространение этой культуры в различных условиях. Кроме того, амарант является источником антиоксидантов: амарантина, каротиноидов, аскорбиновой кислоты [2], а также пектина и масел. Обладая такими ценными качествами, амарант входит в число растений наиболее перспективных для интродукции на новых территориях.

Чрезвычайно важным качеством амаранта является его высокая семенная продуктивность. Сегодня амарант возрождается не только как ценная пищевая культура, но и как декоративное растение, и в качестве растения-сидерата. Амарант – прекрасный сидерат. Он улучшает плодородие почвы, насыщает ее азотом, стимулирует жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. У нас это неприхотливое растение с многовековой историей называют щирицей, а также петушиными гребешками, кошачьим хвостом, бархатником и аксамитником.

Для оценки рострегулирующего действия конъюгатов природных brassinosteroidов с кислотами на морфометрические параметры амаранта

трехцветного сорта Бразильский карнавал были использованы следующие варианты опыта:

- 1) вода (контроль);
- 2) ЭК (24-эпикастастерон) с концентрацией 10^{-11} – 10^{-7} М;
- 3) S23 (2-моносалицилат 24-эпикастастерона) с концентрацией 10^{-11} – 10^{-7} М;
- 4) S31(тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона) с концентрацией 10^{-11} – 10^{-7} М.

Проращивание амаранта трехцветного проводилось согласно ГОСТ 24933.0-81 [3]. Все опыты проводились в четырехкратной повторности. На 10-е сутки было проведено исследование морфометрических параметров растений амаранта трехцветного (средняя длина корней и побегов) использованных вариантов опыта.

Проведенные исследования показали, что действие раствора ЭК в концентрациях 10^{-11} – 10^{-8} М приводило к увеличению длины корня и побега амаранта по сравнению с контрольными растениями (таблица 1). Значительное статистически достоверное увеличение длины корня и побега было достигнуто при действии на растения ЭК в концентрации 10^{-11} М. Так, длина корня увеличилась на 39,9 %, а побега – на 14,0 %. Воздействие ЭК в концентрации 10^{-8} М также приводило к увеличению длины корня и побега, но эти различия статистически достоверны только по длине корня. По сравнению с контрольным опытом длина корня увеличилась на 37 %, а побега на 8,6 % соответственно. Действие ЭК в концентрации 10^{-10} М привело к увеличению длины корня на 37,8 % и к незначительному уменьшению длины побега (на 2,5 %).

При воздействии на растение ЭК в концентрации 10^{-7} М, наблюдалось уменьшение длины стебля и корня на 26,8 % и 24,7 % соответственно, результаты достоверны только по длине корня.

При обработке семян раствором S23 и дальнейшем проращивании у растений амаранта наблюдалось достоверное увеличение длины корня во всех вариантах опыта (таблица 1), длина побега также увеличилась, но в некоторых случаях наблюдалось незначительное уменьшение его длины по сравнению с контрольными растениями (эти различия статистически не достоверны). Так, при воздействии раствора S23 в концентрации 10^{-11} М длина корня увеличилась на 61,9 %, а побега на 6,2 %. Использование S23 в концентрации 10^{-9} М также привело к увеличению длины корня. Длина корня увеличилась на 51,9 %, но наблюдалось уменьшение длины побега. При действии на растения S23 в концентрациях 10^{-8} М и 10^{-7} М длина корней увеличилась на 41,6 % и 51,8 %, длина побегов уменьшилась на 1,4 % и 0,2 %. Действие S23 в концентрации 10^{-10} М привело к наибольшему статистически

достоверному изменению морфометрических параметров растения амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал. Длина корня увеличилась на 68,4 %, а побега на 12,9 %.

Таблица 1 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры начальных этапов роста амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Эпикастастерон (ЭК)				
Контроль	14,19 ± 0,75		24,05 ± 0,81	
10 ⁻¹¹ М	19,85 ± 0,91*	139,9	27,59 ± 0,86**	114,7
10 ⁻¹⁰ М	19,56 ± 0,91*	137,8	23,45 ± 0,75	97,5
10 ⁻⁹ М	16,66 ± 0,72*	117,4	24,23 ± 0,80	100,7
10 ⁻⁸ М	19,44 ± 0,74*	137,0	26,13 ± 0,80	108,6
10 ⁻⁷ М	10,39 ± 0,58*	73,2	18,10 ± 0,65*	75,3
2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23)				
Контроль	14,19 ± 0,75		24,05 ± 0,81	
10 ⁻¹¹ М	22,97 ± 0,86**	161,9	25,54 ± 0,87	106,2
10 ⁻¹⁰ М	23,90 ± 0,82**	168,4	27,16 ± 0,78**	112,9
10 ⁻⁹ М	21,55 ± 0,94**	151,9	21,2 ± 1,0	88,1
10 ⁻⁸ М	20,09 ± 0,89*	141,6	24,39 ± 0,94	101,4
10 ⁻⁷ М	21,54 ± 0,73**	151,8	24,01 ± 0,99	99,8
тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31)				
Контроль	14,19 ± 0,75		24,05 ± 0,81	
10 ⁻¹¹ М	16,42 ± 0,73	115,7	23,74 ± 0,71	98,7
10 ⁻¹⁰ М	20,19 ± 0,84*	142,3	24,97 ± 0,73	103,8
10 ⁻⁹ М	19,81 ± 0,92*	139,6	22,91 ± 0,95	95,3
10 ⁻⁸ М	22,45 ± 0,82**	158,2	26,14 ± 0,65	108,7
10 ⁻⁷ М	18,64 ± 0,99*	131,4	22,66 ± 0,89	94,2
Примечание – * – достоверно при P ≤ 0,05; ** – при P ≤ 0,01.				

При обработке семян раствором конъюгата S31 и дальнейшем проращивании у растений амаранта трехцветного наблюдалось статистически достоверное увеличение длины корня во всех вариантах опыта (кроме действия раствора S31 в концентрации 10⁻¹¹ М). Длина побега также увеличилась, но в некоторых случаях наблюдалось незначительное уменьшение его длины по сравнению с контрольными растениями.

При действии раствора S31 в концентрации 10^{-10} М длина корня увеличилась на 42,3 %, а побега на 3,8 % по сравнению с контрольными образцами. Обработка семян раствором S31 в концентрации 10^{-11} М также приводила к увеличению длины корня на 15,7 %, но при этом наблюдалось уменьшение длины побега на 1,3 % по сравнению с контрольными растениями. Аналогичная ситуация наблюдалась и при действии на растения S31 в концентрациях 10^{-9} М и 10^{-7} М. Длина корней увеличивалась на 39,6 % и 31,4 % соответственно, а длина побегов уменьшилась на 4,7 % и 5,8 %.

Действие данного конъюгата в концентрации 10^{-8} М привело к наибольшему изменению морфометрических параметров амаранта трехцветного. Длина корня увеличивалась на 58,2 %, а побега на 8,7 %.

Для дальнейшего проведения вегетационного лабораторного опыта были использованы наиболее эффективные концентрации исследуемых веществ: ЭК в концентрации 10^{-11} М, S23 в концентрации 10^{-10} М и S31 в концентрации 10^{-8} М, которые в предварительном лабораторном опыте оказывали наибольший эффект на рост корней и побегов амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал. Все опыты также проводились в четырехкратной повторности. Семена замачивались в растворах ЭК и его конъюгатов на 5 часов, далее высаживались в пластиковые контейнеры $9 \times 9 \times 10$ см на универсальном почвогрунте и выращивались в лабораторных условиях вегетационного эксперимента. Растения выращивались в условиях постоянной влажности почвы. Вегетационные емкости перемещались ежедневно по схеме, обеспечивающей однородные условия роста и развития растений [4].

Предварительная обработка семян амаранта раствором ЭК и его конъюгатами приводила к увеличению длины корней и побегов у растений амаранта трехцветного (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал (вегетационный лабораторный опыт)

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	$78,8 \pm 7,55$	100,0	$111,5 \pm 7,41$	100,0
ЭК 10^{-11} М	$119,0 \pm 3,56^*$	151,0	$131,4 \pm 4,98$	117,8
S23 10^{-10} М	$133,7 \pm 3,84^{***}$	169,7	$145,0 \pm 7,38^{**}$	130,0
S31 10^{-8} М	$124,3 \pm 4,34^{***}$	157,7	$134,0 \pm 7,47^*$	120,1

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$.

При действии раствора ЭК в концентрации 10^{-11} М длина корня увеличилась на 51 %, а побега на 17,8 % по сравнению с контрольными образцами (рисунок). Обработка семян раствором S23 в концентрации 10^{-10} М также приводила к увеличению длины корня на 69,7 %, а побегов на 30,0 % соответственно. Обработка семян раствором конъюгата S31 также приводила к увеличению длины корня и побега на 57,7 % и 20,2 % соответственно.

Различия статистически достоверны, (статистически не достоверно только по воздействию ЭК в концентрации 10^{-11} М на рост побега).

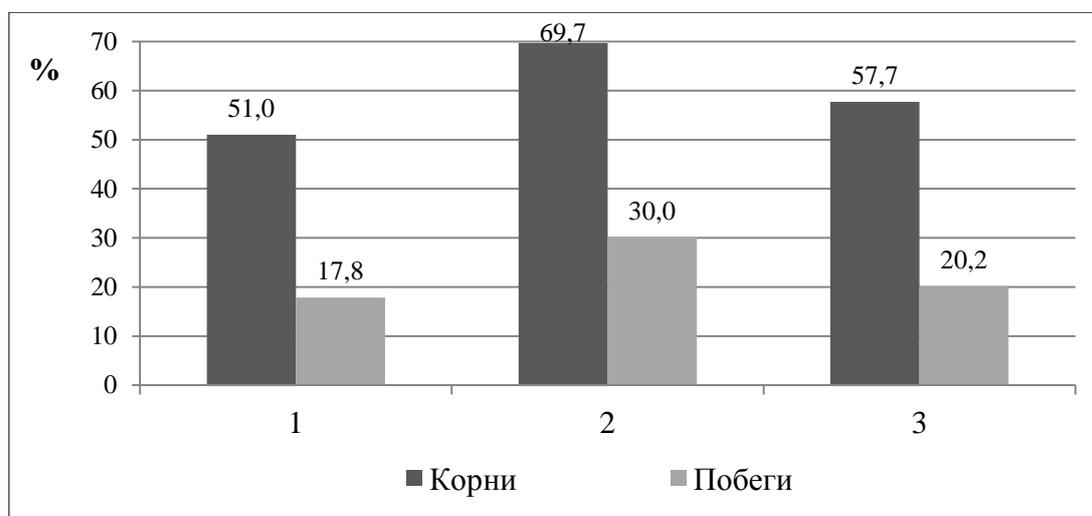


Рисунок – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал, в % относительно контроля
 1 – ЭК, 10^{-11} М; 2 – S23, 10^{-10} М; 3 – S31, 10^{-8} М

По результатам лабораторных экспериментов можно сделать вывод, что из протестированных веществ и концентраций для амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал максимальным ростостимулирующим эффектом на морфометрические параметры (длину корня и побега) обладает конъюгат эпикастастерона S23 в концентрации 10^{-10} М.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных brassinosterоидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» подпрограммы «Химические основы процессов жизнедеятельности» (Биооргхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» на 2021–2025 гг. (№ ГР 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прусакова, Л. Д. Роль brassinosterоидов в росте, устойчивости и продуктивности растений / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова // Агрoхимия. – 1996. – № 11. – С. 137–150.
2. Никулин, П. В. Особенности растений амаранта как C4-растения / П. В. Никулин // Естествензнание и гуманизм : сб. науч. тр. – Томск, 2007. – Т. 4, № 1. – С. 46–48.
3. Семена цветочных культур. Правила приемки и методы отбора проб. Межгосударственный стандарт : ГОСТ 24933.0-81. – Введ. 01.10.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 23 с.
4. Дышко, В. Н. Агрoхимические методы исследований : учеб.-метод. пособие / В. Н. Дышко, В. В. Дышко, П. В. Романенко. – Смоленск : Смолен. ГСХА, 2014. – 48 с.

[К содержанию](#)

УДК 547.796+547.853+004.942

Г. Ю. КОРОТЕЕВ¹, И. В. МИНЕЕВА^{1,2}¹Беларусь, Минск, БГУ²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ**НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ МУЛЬТИКОМПОНЕНТНОЙ РЕАКЦИИ БИДЖИНЕЛЛИ С УЧАСТИЕМ АЦЕТОУКСУСНОГО ЭФИРА, 4-БРОМБЕНЗАЛЬДЕГИДА И 5-АМИНОТЕТРАЗОЛА**

Пиримидины относятся к привилегированному классу гетероциклических скаффолдов, которые, как известно, обладают широким спектром биологической и фармакологической активности, например антигипертензивной, противовирусной, противоопухолевой [1]. Миноксидил и триметоприм – хорошо известные гипертензивные и противомаларийные препараты, содержащие пиримидиновый фрагмент [2].

Кроме того, тетразолы являются важной субъединицей многих природных и синтетических соединений, проявляющих биологическую активность. Известно, что тетразолы, конденсированные с пиримидинами, обладают широким спектром биологических свойств, включая противомикробную, антидепрессивную и противотуберкулезную активность [3].

В качестве модельной реакции Биджинелли было выбрано превращение с участием 4-бромбензальдегида, ацетоуксусного эфира, 5-аминотетразола в различных растворителях в присутствии катализаторов при кипячении в течение 12 часов (рисунок).

Соединение **4** перспективно как новый лиганд для получения комплексов переходных металлов, возможна его модификация как по боковой цепи, так и по тиазольному фрагменту, наращивание углеродной цепи и нулеофильное замещение в ароматическом фрагменте, что делает его потенциально перспективным строительным блоком для фармацевтических и биомедицинских исследований.

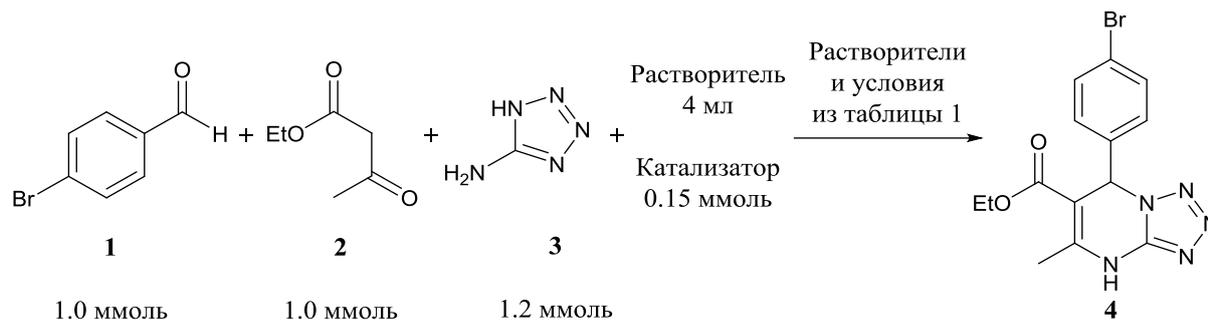


Рисунок 1 – Модельная реакция для подбора условий реакции Биджинелли с участием ацетоуксусного эфира, 4-бромбензальдегида и 5-аминотетразола

Впервые были проведены опыты по подбору оптимальных условий данного превращения. Выбраны наиболее перспективные катализаторы. Результаты этих экспериментов приведены в таблице 1. Применение классических реагентов, кислот и оснований для данной реакции Биджинелли оказалось неэффективным. Ранее для получения соединения **4** было описано лишь четыре подхода, включающих применение ультразвука в воде [4], аминосульфоновой кислоты без растворителя [5], катализаторов на основе модифицированных наночастиц [6; 7], выход в которых составляет 82–98 %, но описанные системы не являются доступными и универсальными, что ограничивает их применение.

Таблица 1 – Хлориды переходных металлов для реакции Биджинелли с участием ацетоуксусного эфира, 4-бромбензальдегида и 5-аминотетразола

Номер эксперимента	Катализатор	Выход продукта в зависимости от природы растворителя, %	
		EtOH	CH ₃ CN
1	LuCl ₃ ·6H ₂ O	74,3	92,0
2	NdCl ₃ ·6H ₂ O	73,4	86,2
3	CeCl ₃ ·6H ₂ O	73,0	59,5
4	LaCl ₃ ·6H ₂ O	71,2	91,0
5	DyCl ₃ ·6H ₂ O	70,7	70,9

Продолжение таблицы 1

6	EuCl ₃ ·6H ₂ O	68,1	78,0
7	SmCl ₃ ·6H ₂ O	61,1	81,6
8	YbCl ₃ ·6H ₂ O	55,5	94,9
9	YCl ₃ ·6H ₂ O	49,3	39,0
10	ScCl ₃ ·6H ₂ O	45,1	–
11	InCl ₃ ·6H ₂ O	21,2	–
12	ErCl ₃ ·6H ₂ O	89,5	99,0
13	HoCl ₃ ·6H ₂ O	98,2	99,0
14	TmCl ₃ ·6H ₂ O	93,9	99,0

Лучшие результаты в обоих растворителях показали хлориды гольмия, тулия и эрбия.

В случае трифлатов лучшие результаты показали Yb(OTf)₃ и Sc(OTf)₃ в ацетонитриле (таблица 2).

Таблица 2 – Трифлаты переходных металлов для реакции Биджинелли с участием ацетоуксусного эфира, 4-бромбензальдегида и 5-аминотетразола

Номер эксперимента	Катализатор	Выход продукта в зависимости от природы растворителя, %	
		EtOH	CH ₃ CN
1	Yb(OTf) ₃	67,4	77,0
2	Cu(OTf) ₂	56,7	–
3	Sc(OTf) ₃	41,2	74,0
4	In(OTf) ₃	36,5	–
5	Zn(OTf) ₂	16,3	2,0

Для последующего *in silico* исследования спектра биологической активности соединения **4** был проведен компьютерный прогноз с использованием программного обеспечения PassOnline. В результате была получена таблица некоторых прогнозируемых видов биоактивности с оценками вероятности присутствия каждого вида Pa (Pharmacological Activity) и вероятности отсутствия каждого вида Pi (Pharmacological Inactivity) (таблица 3).

Таблица 3 – Прогнозируемые свойства соединения **4**

Потенциальное проявление биологической активности	Pa	Pi
Лечение сердечной недостаточности	0,931	0,003
Неопиоидный анальгетик	0,769	0,005
Блокатор натриевых каналов Nav1.5	0,728	0,002

Продолжение таблицы 3

Анальгетик	0,730	0,008
Противоэпилептический препарат	0,708	0,005
Антигипертензивный препарат	0,596	0,011
Лечение невропатии	0,553	0,001
Ингибитор 5-О-(4-кумароил)-D-хинат-3'-монооксигеназы	0,594	0,049
Активатор экспрессии HMGCS2	0,559	0,021

Результаты прогноза показали, что анализируемое вещество имеет широкий диапазон потенциального фармакологического действия. Наиболее высокое значение прогнозируемой биоактивности – использование соединения **4** для лечения сердечной недостаточности ($P_a = 0,931$). Из этого можно сделать вывод, что потенциал обнаружения активности в экспериментах *in vitro* достаточно высок. Кроме того, полученные результаты могут существенно помочь в определении видов биологической активности, на которые в первую очередь следует протестировать анализируемое соединение, а также в обнаружении тех веществ, которые с наибольшей вероятностью могут их проявить.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ (№ гос. регистрации 20211462, 20212310), проекта БРФФИ (№ гос. регистрации 20231239) и ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия», задание «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия 2.2.9» «Синтез новых полифункциональных молекул на основе дигидропиримидинов и дигидропиримидинонов(тионов) и оценка их потенциальной биологической активности».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ChemInform abstract: synthesis and pharmacological screening of derivatives of isoxazolo[4,5-d]pyrimidine / E. Wagner [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2008. – Vol. 43, № 11. – P. 2498–2504.
2. Trimethoprim-sulfamethoxazole-associated aseptic meningitis: case reports and review of the literature / A. M. Joffe [et al.] // Amer. J. Med. – 1989. – Vol. 87, № 3. – P. 332–338.
3. Al(III) chloride catalyzed multi-component domino strategy: synthesis of library of dihydrotetrazolo[1,5- α]pyrimidines and tetrahydrotetrazolo [1,5- α]quinazolinones / P. Kour [et al.] // Tetrahedron Lett. – 2017. – Vol. 58, № 44. – P. 4179–4185.

4. Rapidly, highly yielded and green synthesis of dihydrotetrazolo [1,5- α]pyrimidine derivatives in aqueous media using recoverable Pd (II) thiazole catalyst accelerated by ultrasonic: computational studies / M. A. A. El-Remaily [et al.] // *Appl. Organomet. Chem.* – 2022. – Vol. 36, № 2. – P. 1–18.

5. Solvent-free synthesis of 5-methyl-7-aryl-4,7-dihydrotetrazolo [1,5- α]pyrimidine-6-carboxylic esters catalyzed by sulfamic acid / C. Yao [et al.] // *J. Het. Chem.* – 2008. – Vol. 45, № 6. – P. 1609–1613.

6. A novel magnetically recyclable silver-loaded cellulose-based bionanocomposite catalyst for green synthesis of tetrazolo[1,5- α]pyrimidines / A. Maleki [et al.] // *Res. Chem. Int.* – 2017. – Vol. 43, № 10. – P. 5485–5494.

7. Facile synthesis of tetrazolo[1,5- α]pyrimidine with the aid of an effective gallic acid nanomagnetic catalyst / A. Maleki [et al.] // *Polyhedron.* – 2019. – Vol. 167. – P. 103–110.

[К содержанию](#)

УДК 624.01

Н. В. ЛЕВЧУК, П. В. КРИВИЦКИЙ

Беларусь, Брест, БрГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНОВ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Часто при физико-химическом анализе образцов строительных материалов специалисты не определяют степень карбонизации, считая достаточным, установление показателя рН водной вытяжки.

Однако концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе заметно влияет на процесс карбонизации бетонов, скорость которого повышается с увеличением содержания углекислого газа и увеличения температуры. Следует отметить, что диффузия углекислого газа во влажном воздухе происходит примерно в 10 000 раз быстрее, чем в воде, увлажняющей защитный слой бетона.

В бетоне, который эксплуатировался в агрессивной атмосфере с содержанием кислых газов, обычно выделяют три основных слоя [1]:

- внешний, нейтрализованный газом, образующим более сильную кислоту, чем угольная;
- средний, карбонизированный;
- внутренний, не подвергшийся действию кислых газов.

После карбонизации защитного слоя бетона на всю его глубину интенсифицируется коррозия стальной арматуры, которая является основной причиной разрушения железобетонных конструкций.

В настоящее время проблемным является вопрос критериев оценки состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре. По исследованиям В. И. Бабушкина, бетон теряет свои защитные свойства по отношению к арматуре при $\text{pH} < 11,8$, но это не означает, что степень карбонизации при таком показателе будет минимальной. Снижение значения pH в вытяжках бетона не может являться критерием оценки содержания углекислого газа в поровой структуре бетона. Очевидно, что содержание углекислого газа и других кислых газов в поверхностных слоях бетона будет выше, а значение pH ниже. Но какая глубина проникновения углекислого газа вглубь бетона?

Под химическим процессом карбонизации понимают реакцию гидроксида кальция с диоксидом углерода из воздуха с образованием карбоната кальция [2].



В результате процесса карбонизации уменьшается значение pH , что снижает защитные свойства бетона. Однако на снижение величины pH оказывают влияние и другие кислотные оксиды, содержащиеся в атмосферном воздухе. К ним относятся оксиды азота различной валентности, оксиды серы и другие примеси.

Поскольку карбонат кальция является гигроскопичной солью, то при образовании его в порах материала уровень влажности повышается даже при температурах ниже точки росы. Причем, чем тоньше поры, тем интенсивнее конденсация на поверхности пор, нарушающая равновесную влажность строительного материала. Растворимая соль кальция впоследствии вымывается из материала грунтовыми или дождевыми водами, либо проникает в глубь материала. Растворимость соли также является важным критерием агрессивного воздействия, обуславливающего ее перенос внутрь материала. Так, растворимость:

- карбоната кальция (CaCO_3) – 0,0015 г/ на 100 г воды;
- нитрата кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) – 266 г/ на 100 г воды;
- сульфата кальция (CaSO_4) – 0,24 г/на 100 г воды;
- хлорида кальция (CaCl_2) – 75 г/ на 100 г воды.

При сравнении растворимости солей кальция очевидно, что растворимость карбоната кальция значительно меньше, чем у других солей. Однако концентрации оксидов азота, серы в атмосферном воздухе многократно меньше [3].

В работе мы предприняли попытку определить зависимость степени карбонизации, содержания ионов кальция и водородного показателя в образцах бетонов некоторых мостовых сооружений и городских подземных переходов. Степень карбонизации бетона характеризуется химически связанным с цементным камнем диоксидом углерода и определяется в процентах от массы цемента в соответствии с СТБ 1481-2011. Показатель pH определялся потенциометрическим способом на приборе HANNA pH 211 Microprocessor pH Meter. Содержание кальция определялось по стандартной методике.

Результаты предварительных исследований показывают, что при наиболее высоком значении степени карбонизации (12 %) определяется максимальное значение содержания ионов кальция (72 мг/л), что могло бы привести к увеличению pH, при условии образования в поровом пространстве гидроксида кальция. Однако водородный показатель в этом случае минимальный (pH = 8,42).

При минимальном значении степени карбонизации (5,87 %) содержание ионов кальция минимальное (8 мг/л), при этом pH = 9,63. Результаты исследований приведены в таблице 1 и 2.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать вывод о том, что при высоких значениях содержания Ca^{2+} в вытяжках образцов могут содержаться анионы сильных кислот, например, хлоридов. Это объясняет низкие значения pH. Высокие значения pH при низком содержании Ca^{2+} можно объяснить содержанием гидросиликатов кальция, в частности алюминатов, малой диффузией углекислого газа, что способствует снижению степени карбонизации.

Таблица 1 – Результаты исследований образцов элементов моста через р. Усу

Название элемента	Степень карбонизации (%)	Содержание ионов Ca^{2+} (мг/л)	pH
Опора	7,62	16	10,54
Насадка	8,36	12	9,74
Балка	5,87	8	9,63

Таблица 2 – Результаты исследований образцов бетона подземного перехода ст. Московская

Название элемента	Степень карбонизации (%)	Содержание ионов Ca^{2+} (мг/л)	pH
ст. Московская (верх)	12	74	8,42
ст. Московская (низ)	8,9	36	8,69

Сравнивая результаты исследований процессов карбонизации мостовых сооружений и подземных переходов, необходимо отметить, что степень карбонизации образцов мостовых сооружений значительно ниже, чем в вытяжках образцов подземных переходов. Это согласовывается с тем, что диффузия углекислого газа в увлажненном слое бетона происходит медленнее, чем во влажном воздухе.

При оценке процессов карбонизации бетонов, кроме химических показателей, необходимо учитывать условия и сроки эксплуатации сооружения, марку бетонов по водонепроницаемости, наличие дефектов и повреждений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвин, В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев ; под общ. ред. В. М. Москвина. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.
2. Фрессель, Ф. Ремонт влажностных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйнт-Медиа, 2006 – 320 с.
3. Голдовская, Л. Ф. Химия окружающей среды / Л. Ф. Голдовская. – 3-е изд. – М. : Мир ; БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. – 295 с.

[К содержанию](#)

УДК 547.796.1

Д. А. ЛЕОНКОВ, А. В. ЗУРАЕВ

Беларусь, Минск, БГУ

СИНТЕЗ 1- И 2-БУТИЛ-5-ВИНИЛТЕТРАЗОЛОВ И ИХ ДИБРОМПРОИЗВОДНЫХ

Разработка эффективных методов получения пятичленных гетероциклов ряда тетразола и триазола, проявляющих биологическую активность широкого спектра, представляет собой важную синтетическую задачу. В настоящее время удобным методом получения таких соединений является реакция [3+2] Хьюзеновского циклоприсоединения. Необходимые для данной реакции терминальные ацетилены получают, используя производные, содержащие винильные группы.

Алкилирование тетразолов относится к наиболее изученным реакциям. Это простой способ синтеза моно- и дизамещенных тетразолов различного строения. В реакции алкилирования в зависимости от реакционной среды могут вступать тетразол, 5-замещенные тетразолы, а также их

соли. Реакции могут катализироваться кислотами и основаниями, проводиться в условиях межфазного катализа и в гомогенной среде, осуществляться в нейтральной среде. В качестве алкилирующих агентов используют галогеналканы, эфиры серной и ароматических сульфокислот, ацетаты нитроаминоспиртов, соединения, содержащие активированные кратные связи, спирты, нитрильные ионы и простые виниловые эфиры.

Селективность алкилирования тетразолов зависит от того, в какой форме – нейтральной или ионизованной – субстрат вступает в реакцию с алкилирующим агентом. Так, алкилирование в основной среде дает смесь 1- и 2-замещенных тетразолов, в кислотной среде – 2-замещенные тетразолы. Размер заместителя в 5-положении тетразольного цикла и размер вводимого заместителя напрямую влияют на соотношение образующихся 1- и 2-замещенных изомеров.

Алкилирование 5-винил-1*H*-тетразола целесообразно проводить в основной среде. Лучшие результаты показывают 1-галоалканы, применение иодидов алканов позволяет получить целевые продукты в наиболее мягких условиях.

Для создания основной среды возможно использование различных систем, наиболее распространенные из них – карбонат калия/ацетон, триэтиламин/ацетонитрил, щелочь/вода и гетерофазные системы с щелочами.

Алкилирование алкилгалогенидами 5-винил-1*H*-тетразола в присутствии гидроксида натрия или триэтиламина приводит к меньшим выходам целевых продуктов.

Основная проблема, с которой приходится сталкиваться в ходе таких реакций – олигомеризация 5-винил-1*H*-тетразола и продуктов реакции. Известно, что самопроизвольная олигомеризация 5-винил-1*H*-тетразола протекает при нагреве реакционной смеси выше 50 °С, также общеизвестна полимеризация виниловых мономеров в присутствии оснований. В связи с этими фактами наиболее обосновано применение мягких основных систем. В ходе литературного обзора выявлена возможность алкилирования тетразолов в присутствии карбоната калия в ацетоне и триэтиламина в ацетонитриле. Гетерофазные системы и системы с щелочами в качестве оснований не рассматривались по причинам, описанным выше.

Применение системы триэтиламин/ацетонитрил сопряжено с рядом трудностей. Первой является самопроизвольная олигомеризация исходного вещества и продуктов. Хотя авторы отмечают высокие выходы продуктов алкилирования 5-винил-1*H*-тетразола при нагреве до 70 °С, они же отмечают факт олигомеризации исходного вещества при 50 °С [1]. Второй проблемой будет побочный продукт – триэтиламина гидробромид.

Это соединение способно к возгонке и, несмотря на ионную природу, растворимо в органических растворителях, что затрудняет выделение целевых продуктов.

В результате было проведено алкилирование 5-винил-1*H*-тетразола иодэтаном согласно методике [1] и при нагреве не выше 50 °С. В первом случае наблюдается меньший выход целевых продуктов, по всей видимости из-за олигомеризации. Во втором случае – превращение не завершается полностью за выбранное время проведения реакции. В связи с этими двумя фактами можно сделать вывод о предпочтительности алкилирования 5-винил-1*H*-тетразолов в среде карбоната калия в ацетоне.

Алкилирование тетразолов в основной среде интересно возможностью получения как 1-, так и 2-замещенных тетразолов с функционально различными заместителями, а также широким перечнем применимых алкилирующих реагентов. Значительным недостатком данного метода являются возникающие трудности при разделении смеси изомеров.

В данной работе предложен способ получения дибромсодержащих производных 5-этинил-1*H*-тетразола (рисунок). Так, 1- и 2-бутил-5-винилтетразолы (**II** и **III**) получены из 5-винил-1*H*-тетразола (**I**) и 1-иодбутана при кипячении в суспензии K_2CO_3 в ацетоне в течение 12 часов аналогично методике [2]. Соединение **I** получено согласно известной методике элиминированием по Гоффману из 5-(*N,N*-диметиламиноэтил)-1*H*-тетразола [3].

По окончании реакции K_2CO_3 удаляли из реакционной смеси фильтрованием, растворитель упаривали при пониженном давлении, смесь полученных изомеров разделяли колоночной хроматографией, CH_2Cl_2 -гексан-*EtOAc* (4 : 4 : 2). Полученные соединения **II** и **III** – маслянистые жидкости бледно-желтого цвета, имеющие резкий запах.

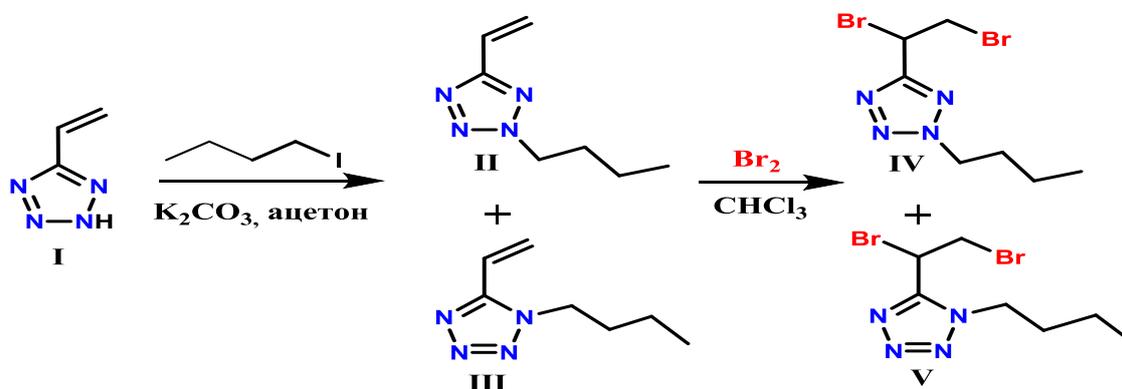


Рисунок – Схема синтеза дибромпроизводных 1- и 2-бутил-5-винил-1*H*-тетразолов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винилтетразолы. II. Синтез 5-замещенных 1(2)-винилтетразолов / П. А. Алешунин [и др.] // Журн. орган. химии. – 2011. – Т. 47, № 12. – С. 1882–1888.
2. Гапоник, П. Н. К синтезу N-аллилтетразолов / П. Н. Гапоник, В. П. Каравай, Н. И. Чернавина // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. – 1983. – № 2. – С. 23–25.
3. Belousov, G. K. New approach to the synthesis of tetrazole-containing buta-1,3-diyne: The total synthesis of 1,4-Bis(2-(tert-butyl)-2H-tetrazol-5-yl)buta-1,3-diyne / G. K. Belousov, A. V. Zuraev // Tetrahedron Letters. – 2019. – V. 60 (45). – P. 151217.

[К содержанию](#)

УДК 691.332.5

О. В. ЛУКША, Н. Х. БЕЛОУС, С. П. РОДЦЕВИЧ

Беларусь, Минск, ИОНХ НАН Беларуси

**ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫХ
КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ЯЧЕИСТЫМ БЕТОНОМ**

Комплекс ценных эксплуатационных свойств пенополиуретановых (ППУ) клеев определяет их конкурентоспособность на рынке клеевых материалов и востребованность в строительном материаловедении [1]. Основу ППУ-клеев составляет гетероцепной полиуретан с макромолекулой в виде уретановой группы $-N(R)-C(O)O-$, где R-H – алкильные, арильные или ацильные радикалы, вследствие чего обеспечивается высокое адгезионное сцепление с поверхностями различных строительных материалов, а ППУ-клеи можно использовать для склеивания как внутренних, так и наружных конструкций, в частности, ячеистого бетона [2; 3]. Целесообразность их применения обусловлена высокой производительностью работ при монтаже по сравнению с цементными растворами, оптимальными теплоизоляционными свойствами, экологичностью и устойчивостью к грибковой инфекции [1]. Одним из факторов, влияющих на долговечность ППУ-клеев является структурное разрушение под воздействием негативных факторов окружающей среды. Так, при нагревании, увлажнении, УФ-облучении и, в особенности, под действием циклических нагрузок в них происходят процессы термической, фотоокислительной и гидролитической деструкции [4; 5]. В настоящее

время стандартные методы определения долговечности ППУ-клеев в нормативно-технической документации отсутствуют [2; 3], однако в строительстве predetermined, что клеевые соединения должны служить не менее 50 лет [4]. Для прогнозирования долговечности строительных материалов используются феноменологический, энтропийный методы, законы кинетики старения, полиструктурная теория, кинетическая теория прочности [4; 5], а для оценки циклической долговечности – методы структурных, усталостных, объемлющих диаграмм [4–6]. Известны работы по оценке долговечности пенополистирола, основанные на применении термофлуктуационной концепции прочности [7]. Исследований долговечности ППУ-клеевых соединений с блоками ячеистого бетона не проводилось.

Цель работы – оценка эффективности применения энергии активации термоокислительной деструкции при расчете долговечности пенополиуретановых клеевых соединений с ячеистым бетоном.

Идентификационные испытания ППУ-клея до и после воздействия агрессивных факторов проводили методом ИК-спектроскопии в режиме диффузного отражения на спектрометре с Фурье-преобразованием «TENZOR 27» фирмы «Bruker» в диапазоне частот $350\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ с разрешением 2 см^{-1} при 100 сканах. Термический анализ выполняли с использованием синхронного термического анализатора NETZSCH STA 409 PC/PG, нагрев осуществляли до температуры 500 °C со скоростью $5^\circ/\text{минуту}$. Значения энергии активации термоокислительной деструкции (*избыток энергии, необходимый для разрушения химических связей под воздействием эксплуатационных факторов*) $E_{акт}$ определяли расчетным методом Бройдо (двойное логарифмирование), сопоставляя данные дифференциальной термогравиметрии (ДТГ), дифференциального термического анализа (ДТА) и термогравиметрии (ТГ). Расчет долговечности клеевого соединения проводили в соответствии с СТБ 1333.0–2002 «Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов».

Основной интенсивной полосой на ИК-спектре ППУ-клея (кривая 1, рисунок 1) является полоса поглощения при 2278 см^{-1} , соответствующая валентным колебаниям изоцианатной группы --N=C=O .

Абсорбционная полоса --N=C=O является не только характеристической для изоцианатной группы, но и, обладая большим дипольным моментом, наиболее чувствительной к любого рода внешним воздействиям. На основании анализа полученных ИК-спектров после разрушающих факторов (кривые 2–5, рисунок 1) установлено, что набор

полос поглощения и положения характеристических пиков в них идентичны ИК-спектру клей-пены до воздействия разрушающих факторов, однако соотношения интенсивностей I полос поглощения поменялись, в особенности изоцианатной группы ($-N=C=O$) в области $2275-2280\text{ см}^{-1}$, что обусловлено ее межмолекулярными взаимодействиями с абсорбированной водой либо деструкцией под действием УФ.

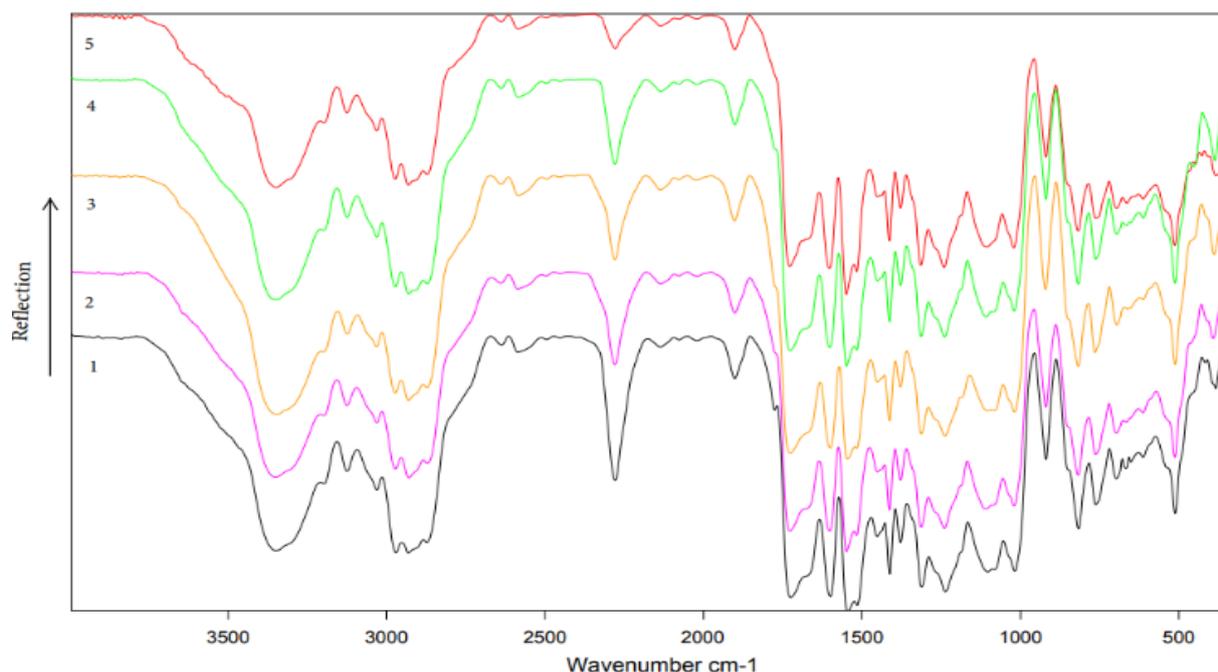


Рисунок 1 – ИК-спектр отвержденного клея до и после воздействия разрушающих факторов, действующих в процессе эксплуатации:

- 1 – исходный образец; 2 – после нахождения под прямым воздействием УФ-лучей; 3 – после 35 циклов знакопеременной температуры; 4 – после нахождения в условиях 100 %-й влажности; 5 – после нахождения в условиях солевого тумана

По степени увеличения негативного влияния разрушающие факторы можно расположить в ряд: *солевая среда* > *100 % влажность ($pH > 7$)* > *35 циклов знакопеременных температур* > *УФ*. Важно при этом отметить, что существенного влияния на функциональные свойства клеевого соединения (адгезионное сцепление ППУ-клея с фрагментами ячеистого бетона) отмечено не было. Во всех испытаниях отмечался, преимущественно, отрыв типа АТ-3 (рисунок 2).

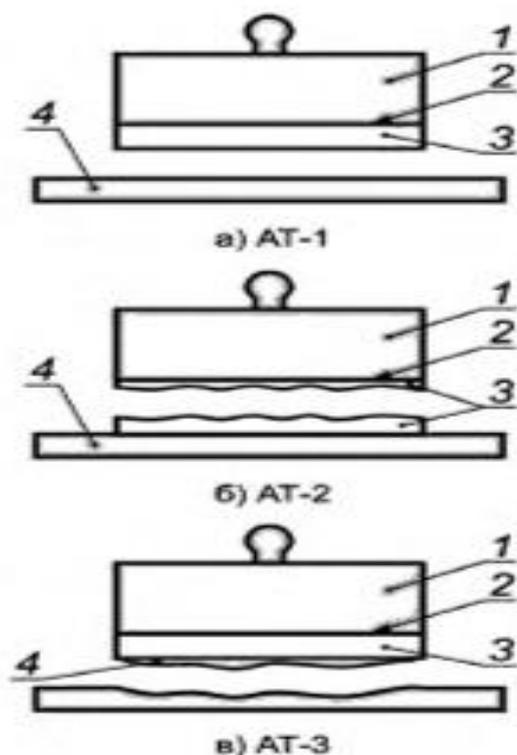


Рисунок 2

- а) АТ-1 – адгезионный отрыв по границе «образец – основание». Значение, полученное при испытании, равно фактической прочности сцепления;
 б) АТ-2 – когезионный отрыв по телу образца. Прочность сцепления больше значения, полученного при испытании; в) АТ-3 – отрыв по телу основания. Прочность сцепления более значения, полученного при испытании

Термическое разложение (рисунок 3) структуры отвержденного клея-пены проходит в несколько стадий, а наибольшая скорость его разложения ($\Delta m/\Delta t$) фиксируется при температуре 238 °С. Начальной стадией разрушения структуры полиуретанов является разрыв фрагмента уретановой связи – $(R)N-C(O)O-$. Температура разложения зависит от структуры применяемого изоцианата и спирта. Так, по способности противостоять термоокислительному разрушению уретановые связи можно расположить следующим образом: алкилизотиоцианат – спирт (~ 250 °С) > арилизоцианат – спирт (~ 200 °С) > алкилизотиоцианат – арилспирт (~ 180 °С) > арилизоцианат – арилспирт (< 180 °С) [2]. Этот факт позволяет сделать предположение о высокой термической устойчивости полимерного компонента клея-пены ($T_{\text{разрыва}} = 238$ °С). Вторая и третья стадии термоокисления сопровождаются экзотермическими эффектами при $T_1 = 335$ °С и $T_2 = 495$ °С и снижением массы на 21,74 и 34,62 % соответственно.

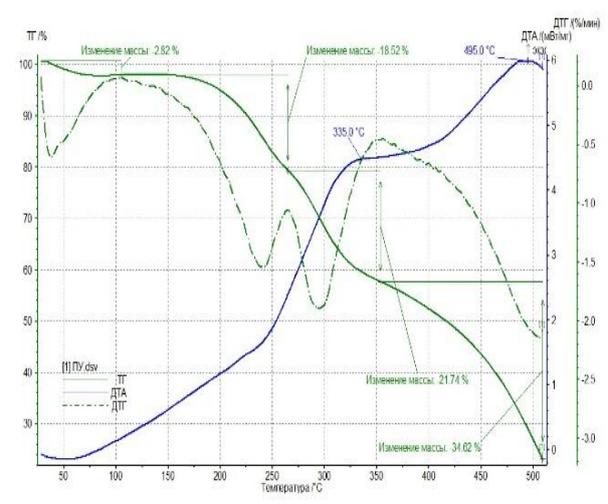


Рисунок 3 – Кривые ДТА, ДТГ и ТГ ППУ-клея

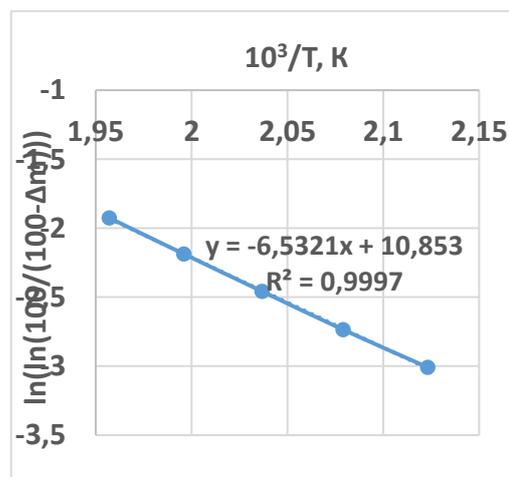


Рисунок 4 – Зависимость $\ln(\ln(100/(100-\Delta m)))$ от обратной температуры (T, K) ППУ-клея

Для расчета энергии активации термоокислительной деструкции на кривой ДТГ отмечали температурный диапазон $T_0 \div T_1$, где $T_0 = T_1 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$, соответствующий начальной стадии разложения образцов клея, отмечали значение потери массы навески в процентах с точностью до 0,1 % с шагом $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Строили зависимость $\ln(\ln \frac{100}{100 - \Delta m}) = f(T)$ (пример зависимости приведен на рисунке 4). Для отвержденного клея значение $E_{акт.}$ составило 54,16 кДж/моль, что, согласно расчету долговечности, соответствует 168 годам эксплуатации без учета воздействия разрушающих факторов при среднегодовой температуре в Республике Беларусь $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Результаты термических исследований образцов, выдержанных в камере солевого тумана при непрерывном распылении 3 % раствора NaCl и температуре $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ при $pH = 7,02$, в условиях 100 % влажности воздуха, знакопеременных температур (-10 и $+30 \text{ }^\circ\text{C}$) и УФ-излучения, свидетельствуют о том, что структура клея проявляет достаточную стабильность даже после 90 суток климатического воздействия. Значения $E_{акт.}$ снижаются на 4–6 кДж/моль, что соответствует сокращению срока службы клея в клеевом соединении в несколько раз. Так, долговечность в условиях УФ-излучения составляет порядка 70 лет, 35 циклов замораживания-оттаивания – 66,1 год, 100 % влажности – 54,5 года, солевого тумана – 52,5 года. Снижение долговечности обусловлено деструктурированием ППУ вследствие многостадийных радикальных реакций с образованием пероксидных радикалов ROO-, которые вступая во взаимодействие с полиуретановыми цепочками,

образуют гидропероксиды, разрушающиеся под действием нагрева на другие радикалы, инициирующие деструкцию полиуретана.

Изучение адгезионной прочности клеевых соединений после климатических воздействий свидетельствует о том, что разрушающие напряжения в них выше предела прочности ячеистого бетона (рисунок 2), и с учетом гарантированного срока их службы согласно СТБ 1117 долговечность клеевого ППУ-соединения можно считать не менее 50 лет. Полученные результаты коррелируют со значениями долговечности, рассчитанными по энергии активации термоокислительной деструкции, свидетельствуя о возможности применения данной методики для оценки срока службы клеевых соединений в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков, А. С. Свойства стеновых конструкций из ячеисто-бетонных изделий автоклавного твердения по пеноуретановому клею / А. С. Горшков // Инженер.-строит. журн. – 2013. – № 5. – С. 5–19.

2. Домброу, Б. А. Полиуретаны / Б. А. Домброу. – М. : ГосХимИздат, 1962. – 152 с.

3. Саундерс, Дж. Химия полиуретанов / Дж. Саундерс, К. К. Фриш. – М. : Химия, 1968. – 470 с.

4. Лысенко, Н. В. Прогнозирование и технологические условия повышения долговечности пенополиуретана для строительных изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Н. В. Лысенко. – Воронеж, 2007. – 182 л.

5. Дементьев, М. А. Старение отходов пенополиуретанов при воздействии различных факторов окружающей среды : дис. ... канд. техн. наук : 11.00.11 / М. А. Дементьев. – Иваново, 2000. – 134 л.

6. Проскурякова, А. О. Оптимизация составов наполненных пенополиуретанов повышенной долговечности : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / А. О. Проскурякова. – Воронеж, 2014. – 127 л.

7. Андрианов, К. А. Прогнозирование долговечности пенополистирола в ограждающих конструкциях зданий : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / К. А. Андрианов. – Пенза, 2002. – 212 л.

[К содержанию](#)

УДК 633.63:632.954

И. Д. ЛУКЬЯНЧИК, Э. А. ЧАЙЧИЦ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «РОСТМОМЕНТ» В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ОВСА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ГЕРБИЦИДОМ БОКСЕР-КЭ

Воздействие хозяйственной деятельности человека на природную среду достигло уровня, при котором происходят существенные изменения в структуре почвенного покрова, химическом составе почв и растений. И этот процесс усиливается с каждым годом, приводя к ухудшению экологической ситуации и к снижению качества среды обитания. Основными источниками загрязнения почв, предназначенных для сельскохозяйственного производства, являются средства химической защиты растений, среди которых с каждым годом расширяется использование гербицидов – химических веществ, применяемых для уничтожения сорных растений.

В обеспечении высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур важное значение имеет исследование механизмов адаптационного потенциала растений культуры к воздействию гербицидов и роли в адаптации химических мелиорантов. Ряд исследований показали возможность успешного использования в качестве мелиорантов ряд регуляторов роста растений, которые улучшают биологическую активность почв и снижают антропогенную нагрузку на растения [1].

Цель данной работы – оценить в лабораторных условиях биологическую активность регулятора роста растений «Ростмомент» в качестве потенциального химического мелиоранта при обработке почвы гербицидом довсходовой обработки Боксер-КЭ с использованием прорастающих семян овса посевного (*Avena sativa* L.) сорта Лидия.

Исследования проводились на базе кафедры зоологии, генетики и химии Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина. Объекты исследования – регулятор роста растений природного происхождения «Ростмомент» (производитель – ОАО «Дрожжевой комбинат», Республика Беларусь; действующее вещество – дрожжи р. *Saccharomyces* и продукты их метаболизма: аминокислоты (11,1 %), N – 4,55, P – 0,05 %, Mg – 0,07 % + микроэлементы) и гербицид довсходовой обработки Боксер-КЭ (производитель – фирма «Сингента», Швейцария, действующее вещество – просульфокарб, 5 мл/л). Предмет исследования – биологическая активность Ростмомента как химического мелиоранта для почвы, обработанной гербицидом Боксер-КЭ. Тест-объект –

овес посевной (*Avena sativa* L.) сорта Лидия, районированный для всех областей Республики Беларусь [2].

Материалы исследований – растворы гербицида и препарата Ростмомент (0,5 г/л). Фитотестирование проводили в чашках Петри диаметром 9 см, куда помещали по 50 г почвы («Торфогрунт универсальный. Фаско»). Почва равномерно увлажнялась и при помощи распылителя обрабатывалась следующими вариантами растворов (по 3 мл): 1) контроль (вода); 2) раствор Ростмомента (из расчета 0,5 л раствора на 1 м²); 3) раствор гербицида (0,05 л на 1 м²) и 4) растворы (последовательно) гербицида + Ростмомента.

Обработанную почву накрывали фильтровальной бумагой и размещали на нее по 30 семян овса. Повторность опытов – терькратная. Семена проращивали в термостате при температуре +23 °С.

Критерии оценки биологической активности: лабораторная всхожесть семян (согласно СТБ 1073–97) [3], длина зародышевых корешков, их сухая масса, индекс толерантности корешков (определяли, как отношение среднего значения длины корня/массы в опытном образце к среднему значению у контрольных семян. Статистическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft Office Excel [4].

Анализ лабораторной всхожести прорастающих семян овса на различных вариантах почвенных образцов показал, что по отношению к контролю добавление в почву раствора Ростмомента не оказывало достоверно значимого изменения показателя. В опыте с гербицидом отклонение также было несущественным. При этом опрыскивание почвы двумя растворами достоверно увеличивало всхожесть семян до 91,67 % (таблица).

Как видно из таблицы, также отсутствовали достоверные различия между контролем и опытами по количеству корней в мочковатой системе (при тенденции к уменьшению в опыте с использованием гербицида).

Рост и развитие зародышевых корешков наиболее объективно отражают реакцию прорастающих семян на факторы внешней среды. При этом оценка морфометрических параметров должна сочетаться с оценкой накопления их массы.

Так, присутствие в почве раствора Ростмомента не оказало стимулирующего действия на рост корешков, их длина практически соответствовала контролю (–6,44 %). При этом на почвенных образцах с гербицидом рост корешков значительно ингибировался: отклонение от контроля составило –75,40 %. Дополнение к гербицидной обработке напочвенного распыления раствором Ростмомента позволило снизить ингибирующий эффект на 13,33 %, однако по отношению к контролю длина корешков в данном опыте оставалась на 61,07 % меньше контроля (таблица).

Таблица – Влияние растворов регулятора роста Ростмомент, гербицида Боксер-КЭ и их комбинации на всхожесть семян, рост и массу зародышевых корешков овса полевого сорта Лидия

Критерии оценки		Варианты опытов			
		Контроль	Ростмомент	Боксер-КЭ	Боксер-КЭ + Ростмомент
Всхожесть, X ср. ± m, %		86,67 ± 2,81	83,33 ± 1,0	88,32 ± 1,22	91,67 ± 0,64**
Количество корешков в одном семени, X ср. ± m		3,27 ± 0,01	3,36 ± 0,05	2,88 ± 0,02	3,17 ± 0,02
Длина зародышевых корешков	X ср. ± m, мм	26,87 ± 3,13	25,14 ± 3,41	6,61 ± 2,45*	10,46 ± 2,23*
	отклонение от контроля, %	0	-6,44	-75,40	-61,07
Сухая масса 100 зародышевых корешков	X ср. ± m, мг	35,82 ± 2,16	42,72 ± 2,55*	12,77 ± 2,01*	23,87 ± 3,00**
	отклонение от контроля, %	0	+19,26	-64,54	-33,36
Примечание – * – достоверно при уровне значимости p < 0,05; ** – при p < 0,01.					

Анализ показателя «сухая масса 100 корешков» показал несколько иную реакцию зародышевых корешков на виды обработок почв. Так, оказалось, что обработка почвы раствором Ростмомента, несмотря на отсутствие различий с контролем по длине, приводила к достоверно значимому увеличению накопленной сухой массы корешков (+19,26 %), что указывало на ростстимулирующую активность, которая проявлялась в утолщении корешков. В опытах, где применяли обработки гербицидом, сухая масса корней также была значительно ниже контроля (-64,54 %). При этом отклонения от контроля по массе были меньше, чем по длине корешков, а комбинирование «гербицид + Ростмомент» приводило к снижению массы на 33,36 % (в то время как по длине – на 61,07 %).

На рисунке представлены значения индексов толерантности зародышевых корешков по двум параметрам: длине и сухой массе, что позволило более наглядно оценить биологическую активность раствора Ростмомента как потенциального мелиоранта в отношении гербицида. Характер распределения индексов толерантности соответствует результатам проведенного выше анализа реакций морфометрических параметров на виды обработок почвы.

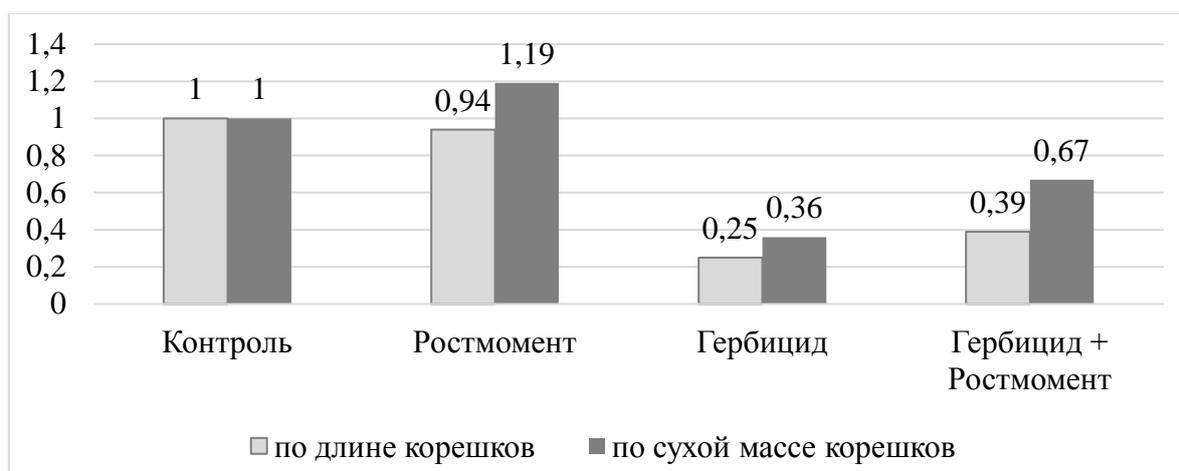


Рисунок – Индексы толерантности зародышевых корешков овса посевного (*Avena sativa* L.) сорта Лидия к воздействию гербицида Боксер-КЭ по длине и сухой массе

Таким образом, обработка почвы раствором гербицида Боксер-КЭ отрицательно сказывалась на процессе прорастания семян овса посевного сорта Лидия: корешки семян имели низкие значения как по длине, так и по сухой массе, а индекс толерантности составил 0,25/0,36 (длина/масса). Введение дополнительной почвенной обработки раствором препарата «Ростмомент», который представляет собой продукты метаболизма дрожжей р. *Saccharomyces*, снижало ингибирующее воздействие гербицида, что указывало на биологическую активность препарата как химического мелиоранта. Однако эта активность была невысока при сопоставлении с контролем. Остается открытым поиск эффективных концентраций или схем обработок исследуемым регулятором роста для усиления адаптации прорастающих семян овса *Avena sativa* L. к гербициду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворянкин, Е. А. Причины повышения фитотоксичности гербицидов на растения сахарной свёклы / Е. А. Дворянкин // Сахарная свёкла. – 2006. – № 5. – С. 36–40.
2. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://www.sorttest.by/gosudarstvennyy_reyestr_2020.pdf. – Дата доступа: 16.02.2024.
3. Семена зерновых культур. Сортные и посевные качества. Технические условия : СТБ 1073-97. – Введ. 01.10.97. – Минск, 1986. – 18 с.
4. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – 3-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 504.5:549.25/.29:556.55(476.2)

**Т. В. МАКАРЕНКО, О. В. ПЫРХ, А. В. ХАДАНОВИЧ,
А. Д. ПАТАПОВА**

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ОЗ. МАЛОЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Цель работы – провести мониторинговые исследования загрязнения биотических и абиотических компонентов водных экосистем и определить загрязнение тяжелыми металлами донных отложений, моллюсков и высших водных растений в оз. Малое города Гомеля с использованием показателя суммарного загрязнения.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследований выбраны донные отложения, пресноводные виды моллюсков (класс двустворчатые – перловица обыкновенная (*Unio pictorum L.*), класс брюхоногие – живородка речная (*Viviparus viviparus L.*), прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis L.*)) и водные растения, принадлежащие ко II, III и IV экологическим группам согласно классификации В. Г. Папченкова [1, с. 24], отобранные в оз. Малое. Данное озеро длительное время принимало сточные воды предприятия Северного промышленного узла, что явилось причиной накопления тяжелых металлов в донных отложениях водоема. Глубина водоема существенно колеблется от 1 до 6 м. Водоем широко используется населением для проведения культурно-массовых мероприятий.

При отборе проб исследуемых объектов и подготовке их к анализу использовали стандартные методики [2, с. 12]. Содержание металлов в золе определяли методом ISP масс-спектрометрии, на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRCe (Perkin Elmer), на базе лаборатории радиэкологии «Института радиобиологии НАН Беларуси».

Результаты исследования и их обсуждение. Для оценки загрязнения водоема с учетом всех изучаемых токсикантов было предложено использовать показатель суммарного загрязнения:

$$Z_{\text{сум.}} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\text{фон}}} \right) - (n - 1), \quad (1)$$

где $Z_{\text{сум.}}$ – показатель суммарного загрязнения; C_i – концентрация металла в компонентах водоема; $C_{\text{фон}}$ – количество нормируемых металлов.

Данный показатель учитывает вклад каждого металла в загрязнении конкретного компонента водных экосистем.

Таблица – Показатель суммарного загрязнения тяжелыми металлами компонентов оз. Малое

Z суммарное	2021 г.	2020 г.	2019 г.
Д.о.	27,54	29,34	33,49
Прудовик	26,15	26,07	26,14
II группа раст.	3,6	–	5,19
III группа раст.	7,66	–	6,21
IV группа раст.	4,93	–	7,49

Величина показателя суммарного загрязнения, рассчитанного для донных отложений и тканей прудовика, незначительно отличалась за весь период исследований. В 2019 г. донные отложения более загрязнены соединениями металлов, чем ткани прудовика. Для донных отложений величина показателя суммарного загрязнения равна 33,49, для прудовика – 26,14, тогда как для всех изучаемых водных растений величина показателя суммарного загрязнения значительно ниже. Такая же тенденция сохранилась для 2021 г. (таблица).

В 2020 г. данные, отражающие значение коэффициентов суммарного загрязнения растений, привести не представляется возможным, так как растения были полностью удалены для улучшения экологического состояния водоема.

В 2020 г. загрязнение моллюсков осталось на том же уровне, что было отмечено в 2019 г., а для донных отложений показатель суммарного загрязнения уменьшился, что по нашим предположениям, является следствием очищения водной экосистемы после удаления растений. Снижение величины показателя суммарного загрязнения донных отложений характерно и для 2021 г. В сравнении с 2019 г. величина суммарного загрязнения уменьшилась в 1,2 раза. Для прудовика в 2021 г., как и на протяжении всего периода исследований, показатель суммарного загрязнения был равен 26,15. Отсутствие изменений показателей суммарного загрязнения для прудовика может являться следствием двух причин: 1) высокая доступность металлов в растениях и донных отложениях для особей данного вида; 2) постоянное поступление токсикантов в водоем с поверхностным стоком, так как водоем испытывает сильную антропогенную нагрузку. В растениях второй экологической группы показатель суммарного загрязнения в 2021 г. был в 1,4 раза ниже, чем в 2019 г., что указывает на снижение доступности металлов для растений в донных отложениях водоема. Тенденция к снижению отмечается и у растений четвертой группы; показатель суммарного загрязнения в 2021 г. у данных макрофитов был ниже, чем в 2019 г.

в 1,5 раза, но растения «страхуются» от поступления токсикантов хорошо развитой корневой системой, которая является барьером, препятствующим поступлению металлов в высшие водные растения. А для погруженных растений третьей группы показатель суммарного загрязнения, хоть и незначительно, но выросло к 2021 году, что скорее всего явилось следствием поступления в водоем соединений металлов, а погруженные растения могут поглощать металлы как из донных отложений, так и из воды водоема.

Растения IV группы имеют хорошо развитую корневую систему, которая предохраняет растения от поступления токсикантов в надземные ткани и органы. В 2019 г. растения IV группы более загрязнены соединениями тяжелых металлов; показатель суммарного загрязнения, рассчитанный для этой группы, в 1,6 раз выше, чем у погруженных растений. В 2021 г. для погруженных растений III группы рассчитанные значения показателя суммарного загрязнения выше в 1,2 раза, чем для воздушно-водных растений IV группы. Высокий уровень загрязнения моллюсков в 2021 г., который был даже выше, чем в донных отложениях, требует более детального изучения и дальнейшего наблюдения, так как водоем используется в культурно массовых целях.

Заключение. В оз. Малое высокий уровень загрязнения, характерный для донных отложений, указывает на высокую сорбционную активность донных отложений по отношению к соединениям металлов; возможные поступления металлов в водную экосистему с поверхностным стоком; донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения водоема, когда металлы могут перейти в доступные для биологических объектов формы.

Высокий уровень загрязнения тканей прудовика показывает высокую доступность металлов в первую очередь в растительных объектах, так как прудовик поглощает металлы в большей степени из водных растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Папченков, В. Г. О классификации растений водоемов и водотоков / В. Г. Папченков // Гидробиотаника: методология, методы. – Рыбинск, 2003. – С. 23–26.

2. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.

[К содержанию](#)

УДК 538.9;548:537.611.45;548:537.611.44

**И. И. МАКОЕД¹, Е. К. ЗЫБАЙЛО¹, Т. А. БЕРЕЗОВСКАЯ²,
К. И. ЯНУШКЕВИЧ³**

¹Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

²Беларусь, Минск, БГУИР

³Беларусь, Минск, НПЦ НАН Беларуси по материаловедению

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА РАМАНОВСКИХ СПЕКТРОВ ТОНКИХ ПЛЕНОК СОЕДИНЕНИЙ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ BiFeO_3

Большой интерес в области функциональной электроники представляют составы, синтезированные на основе мультиферроика BiFeO_3 [1; 2]. При температурах, меньших точки Нееля, феррит висмута обладает сложной пространственно модулированной магнитной структурой циклоидного типа. В ней спиновая система сохраняет в ближайшем окружении антиферромагнитный порядок G-типа, но изменяется вдоль направления распространения циклоиды с периодом, несоизмерным периоду кристаллической решетки [3]. С целью подавления спиновой циклоиды производят замещение катионов висмута изовалентными катионами группы лантаноидов – редкоземельных элементов (РЗЭ), а также синтезируют пленки толщиной, меньшей периода спиновой циклоиды.

Высокая изоморфная емкость образцов катион-замещенного BiFeO_3 позволяет регулировать их состав и физические свойства в широких диапазонах типов и концентраций замещающих катионов. Меньшие ионные радиусы R^{3+} по отношению к ионному радиусу Bi^{3+} способствуют увеличению искажения кристаллической решетки, что приводит к изменению структурно чувствительных физических свойств образцов. При малых ($x < 0,10$) концентрациях РЗЭ катионов образцы $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$ кристаллизуются в ромбоэдрической решетке $\text{R}\bar{3}c$, изоструктурной решетке BiFeO_3 [4; 5].

Известно большое количество работ, в которых описаны результаты исследования динамики кристаллической решетки BiFeO_3 и образцов феррита висмута с частичным замещением катионов Bi^{3+} изовалентными катионами РЗЭ [4–6]. Относительно небольшое количество из них содержит описание результатов изучения спектров комбинационного рассеяния света тонкопленочных соединений $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$, синтезированных в одинаковых условиях. Причинами наблюдения большого разнообразия неоднозначных результатов интерпретации рамановских

спектров подобных образцов являются как использование различных методов получения, так и вариативность условий их синтеза в рамках одинаковых методов. Представляет интерес исследование и прогнозирование физических свойств изоструктурных тонкопленочных соединений $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$, полученных при одинаковых условиях синтеза. Целью работы является изучение динамики кристаллической решетки тонких пленок $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$ ($x = 0, 0.05, 0.10$; $\text{R} = \text{La} - \text{Lu}$) методом рамановской спектроскопии.

Поликристаллические изоструктурные составы-прекурсоры BiFeO_3 и $\text{Bi}_{0,90}\text{R}_{0,10}\text{FeO}_3$ ($\text{R} = \text{La}, \text{Nd}, \text{Gd}, \text{Dy}, \text{Er}$) были синтезированы методом твердофазных реакций в условиях холодного прессования под высоким давлением (4 ГПа) [7]. Исходные оксиды R_2O_3 ($\text{R} = \text{La}$ (чистота 99,5 %); $\text{R} = \text{Nd}, \text{Gd}, \text{Dy}$ и Er (99,9 %), Bi_2O_3 и Fe_2O_3 (99,5 %) (Sigma Aldrich Chemicals) смешивали в агатовой ступке в течение 5 ч, а затем с этанолом в течение 2 ч. Полученную смесь предварительно обжигали при температуре 750 ± 50 °С в керамическом сосуде на воздухе в течение 5 ч. Скорость нагрева составляла 10 К/мин. Тонкие пленки $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$ получены методом «вспышки» на установке УВМ-71Р-2 при температуре танталового испарителя выше 2000 °С. Подложки из стекла, находящиеся на расстоянии 100 мм от испарителя, разогревали до температуры около 300 °С. Давление в камере составляло 10^{-3} Па. Пленки подвергали обжигу на воздухе на протяжении 3 часов при температуре 400 °С.

Кристаллическая структура восстановлена на основании данных, полученных при комнатной температуре на дифрактометре Siemens D 5000 с использованием $\text{Cu K}\alpha$ излучения. Изучение морфологии поверхности пленок проведено методом сканирования на электронном и атомном микроскопах (SEM, Hitachi S-3000N). Пленки имеют выраженную гранулированную структуру и более однородны по размерам кристаллитов по отношению к объемным изоструктурным образцам. Поверхность пленок характеризуется среднеквадратичной шероховатостью поверхности 42,4 нм со средней высотой шероховатости 34,4 нм.

При получении тонкопленочных образцов обнаружено структурное разнообразие в зависимости от типа подложки, ее ориентации, процесса осаждения пленки. Тонкие пленки часто кристаллизуются в структуре, которая не совпадает со структурой исходного объемного образца-прекурсора. Как показывают результаты анализа, пленки $\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$ толщиной 20–200 нм могут кристаллизоваться в моноклинной $\text{P}2_1/\text{m}$ структуре. При толщинах больших 300 нм пленки с $x < 0.10$ кристаллизуются в решетке, изоструктурной объемным образцам.

Химическую чистоту, однородность и стехиометрическое соотношение образцов подтверждают результаты электронной микроскопии. Спектры комбинационного рассеяния записаны на спектрально-

аналитическом комплексе на основе сканирующего конфокального микроскопа Nanofinder (СП «ЛОТИС ТИИ», Республика Беларусь) с использованием дифракционной решетки 600 линий/мм. Возбуждение спектров производили лазером с длиной волны 532 нм и мощностью 800 мкВт, сигнал сфокусирован оптическим объективом с увеличением 100х в течение 30 с.

Частота комбинационного рассеяния света определяется массой соответствующих ионов и прочностью химической связи между ними и является важной характеристикой динамики и распределения ионов кристаллических решеток. Спектры комбинационного рассеяния чувствительны к смещениям атомов и позволяют исследовать структурные изменения в зависимости от температуры, типа и количества замещающих катионов. В 10 атомной элементарной ячейке ромбоэдрической R3c (C_{3v}) структуре возможны 18 центрозонных оптических фононных мод [8]:

$$\Gamma_{\text{opt, R3c}} = 4A_1 + 5A_2 + 9E, \quad (1)$$

из которых 13 с A_1 и E симметрией являются Raman- и ИК-активными:

$$\Gamma_{\text{Raman/IR, R3c}} = 4A_1 + 9E. \quad (2)$$

Одним из методов, применяющихся при обработке и интерпретации результатов рамановской спектроскопии, является деконволюция экспериментальных зависимостей с использованием известных математических моделей. Спектры были разложены на лорентцевские компоненты в программе Origin. Для удобства анализа и сравнения данных, полученных на различных составах, спектры были нормированы на раман-активную моду с максимальной интенсивностью. В соответствии с результатами теоретико-группового анализа [8] раман-активные моды спектров комбинационного рассеяния были смоделированы с использованием функции Лорентца и разложены на отдельные вклады. По результатам разложения построены зависимости параметров уравнения Лорентца:

$$y = y_0 + \frac{2 \cdot \frac{A}{\pi}}{\frac{w}{4 \cdot (x - x_c)^2} + w^2}, \quad (3)$$

где A – площадь; w – ширина; x_c – положение максимума характеристической моды от величины радиуса R-катиона.

На основании результатов аппроксимации данных линейными зависимостями восстановлены параметры, которые использованы при

восстановлении модельных рамановских спектров тонких пленок $\text{Bi}_{0,90}\text{R}_{0,10}\text{FeO}_3$ ($\text{R} = \text{La} - \text{Lu}$) с использованием уравнения (3). По результатам моделирования построены рамановские спектры образцов $\text{Bi}_{0,90}\text{R}_{0,10}\text{FeO}_3$ ($\text{R} = \text{La} - \text{Lu}$).

Модельные спектры с высокой точностью воспроизводят все особенности рамановских спектров изоструктурных образцов, а величины рамановских сдвигов хорошо согласуются с результатами независимых исследований, несмотря на существенно различающиеся методы и условия синтеза образцов. Полученные данные могут быть использованы при интерпретации результатов рамановской спектроскопии, прогнозировании формы рамановских спектров и неразрушающем контроле особенностей динамики кристаллической решетки подобных материалов, содержащих в своем составе катионы редкоземельных элементов. Данный подход может быть использован для предсказания положений и геометрических параметров рамановских мод в содержащих в своем составе R-катионы перовскитах, а также был успешно реализован при обработке рамановских спектров ферритов-шпинелей, приведенных в работе [9].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eerenstein, W. Multiferroic and magnetoelectric material / W. Eerenstein, N. Mathur, J. F. Scott // *Nature*. – 2006. – Vol. 442 (17). – P. 759–765.
2. Gatalan, G. Physics and Applications of Bismuth Ferrite / G. Catalan, J. F. Scott // *Adv. Mater.* – 2009. – Vol. 21. – P. 2463–2485.
3. Arnold, D. C. Composition-driven structural phase transitions in rare-earth-doped BiFeO_3 ceramics: a review / D. C. Arnold // *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelectr. Freq. Contr.* – 2015. – Vol. 62. – P. 62–82.
4. Structure properties of BiFeO_3 films studied by micro-Raman Scattering / Y. Yang [et al.] // *J. Appl. Phys.* – 2008. – Vol. 103. – P. 093532-1–093532-5.
5. Bai, A. Improved Ferroelectric and Leakage Properties of Ce Doped in BiFeO_3 Thin Films / A. Bai, S. Zhao, J. Chen // *J. Nanomat.* – 2014. – P. 509408-1–509408-7.
6. Piezoresponse force microscopy characterization of rare-earth doped BiFeO_3 thin films grown by the soft chemical method / C. R. Foschini [et al.] // *Ceram. Intern.* – 2013. – P. 2185–2195.
7. Predicted model of magnetocaloric effect in BiFeO_3 -based multiferroics / I. I. Makoed [et al.] // *Sol. Stat. Sci.* – 2019. – Vol. 95. – P. 105920-1–105920-7.
8. Terahertz and infrared studies of antiferroelectric phase transition in multiferroic $\text{Bi}_{0,85}\text{Nd}_{0,15}\text{FeO}_3$ / V. Goian [et al.] // *J. Appl. Phys.* – 2011. – Vol. 100(7). – P. 074112-1–074112-7.

9. Structural, optical, and electrical transport properties of some rare-earth-doped nickel ferrites: A study on effect of ionic radii of dopants / A. Sinha, A. Dutta // J. Phys. Chem. Sol. – 2020. – Vol. 145. – P. 109534-1–109534-11.

[К содержанию](#)

УДК 577.175.1:58.085

А. В. МАКСИМУК, С. М. ЛЕНИВКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ФИТОГОРМОНОВ *IN VITRO* НА ЛИСТОВОЙ ОРГАНОГЕНЕЗ У МАЛИННО-ЕЖЕВИЧНЫХ ГИБРИДОВ

Малинно-ежевичные гибриды представляют собой новый ценный селекционный материал, поскольку сочетают высокую урожайность, неприхотливость к почве и условиям возделывания, унаследованные от ежевики, и зимостойкость от малины. На этапе собственно размножения *in vitro* основной задачей является обеспечение высокого коэффициента регенерации, который зависит от генотипа растения, а также гормонального состава среды. На протяжении значительного периода времени в экспериментальных работах по решению данной задачи у ежевики лучшей комбинацией цитокининов и ауксинов остаются 6-бензиламинопурин (БАП) и индолил-3-масляная кислота (ИМК) [1; 2].

Цель исследования – оценить динамику изменчивости среднего количества листьев у малинно-ежевичных гибридов под влиянием полного и половинного количественного состава фитогормонов в питательной среде.

Объекты исследования – малинно-ежевичные гибриды «Тайберри» (Taubyerry), «Марионберри» (Marionberri), «Логанберри» (Loganberry).

Для культивирования микропобегов была взята среда Мурасиге и Скуга с половинным набором макро- и микросолей. Микропобеги были высажены на три типа питательных сред: 1-й тип содержал БАП в концентрации 0,6 мг/л и ИМК в концентрации 0,1 мг/л (фитогормоны в полной концентрации), 2-й тип – БАП в концентрации 0,3 мг/л и ИМК в концентрации 0,05 мг/л (фитогормоны в половинной концентрации), 3-й тип – без фитогормонов (контроль). На 1-й тип питательной среды всего было высажено 57 микропобегов в 9 повторностях, на 2-й тип – 47 микропобегов в 9 повторностях, на 3-й тип – 68 микропобегов в 14 повторностях.

Культивирование микропобегов осуществлялось при постоянной температуре 19 °С в камере для роста растений с фотопериодом – 16 ч день и 8 ч ночь. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Excel.

В таблице представлена характеристика листового органогенеза по показателю «среднее количество листьев в повторности», выраженному в шт., у малинно-ежевичных гибридов, культивируемых на трех типах питательной среды.

Таблица – Влияние фитогормонов на среднее количество листьев в повторности у малинно-ежевичных гибридов

Тип среды	Сорт			Сутки
	Марионберри (а)	Логанберри (b)	Тайберри (с)	
1-й	44,0 ± 4,0 ^b	22,0 ± 5,0 ^{ac}	55,3 ± 4,4 ^b	0-е сутки
	49,0 ± 4,7 ^{bc}	25,0 ± 6,0 ^{ac}	68,3 ± 8,1 ^{ab}	14-е сутки
	55,7 ± 5,4 ^b	29,0 ± 5,0 ^{ac}	71,8 ± 7,8 ^b	30-е сутки
	71,3 ± 7,8 ^{b*}	30,0 ± 5,0 ^{ac}	72,0 ± 3,5 ^{b*}	60-е сутки
2-й	33,0 ± 10,3 ^c	25,5 ± 3,5 ^c	54,8 ± 5,9 ^{ab}	0-е сутки
	36,0 ± 8,1 ^c	39,0 ± 6,0 ^c	64,8 ± 10,1 ^{ab}	14-е сутки
	43,7 ± 5,7 ^c	42,5 ± 5,5 ^{c*}	71,3 ± 9,5 ^{ab}	30-е сутки
	62,3 ± 7,6 ^{b*}	40,0 ± 6,0 ^{a*}	64,8 ± 14,9	60-е сутки
3-й (контроль)	21,9 ± 3,7 ^c	28,0 ± 7,0 ^c	47,8 ± 2,5 ^{ab}	0-е сутки
	–	44,0 ± 12,0	64,3 ± 3,0	14-е сутки
	31,3 ± 5,0 ^c	47,0 ± 10,0 ^c	69,5 ± 4,8 ^{ab}	30-е сутки
	35,3 ± 5,0 ^c	45,0 ± 7,0 ^c	70,3 ± 1,5 ^{ab}	60-е сутки

Примечание – ^{a, b, c} – различия между сортами достоверны при $P \leq 0,05$ в пределах одних суток эксперимента; * – достоверно по сравнению с 0-ми сутками эксперимента.

Статистический анализ полученных данных показал, что на 1-ом типе питательной среды при посадке достоверно различались сорта Марионберри и Логанберри, а также Логанберри Тайберри. Установленные различия сортов сохранялись на протяжении всего эксперимента. Определено, что наибольшую отзывчивость к культивированию на 1-м типе питательной среды проявил сорт Марионберри, у которого среднее количество листьев в повторности на 60-е сутки эксперимента увеличилось на 27,3 шт., по сравнению с сортами Тайберри и Логанберри, у которых данный показатель вырос на 16,8 и 8 шт. соответственно. Несмотря на то, что абсолютное значение новообразо-

вавшихся листьев у сорта Тайберри оказалось в два раза больше, чем у сорта Логанберри, относительный прирост листьев к начальному значению оказался меньше у сорта Тайберри составив всего 30 %, а у сорта Логанберри – 36 %.

На 2-м типе питательной среды изначально сорт Тайберри достоверно отличался от сортов Марионберри и Логанберри. Установленные различия сортов сохранялись только в первые тридцать суток эксперимента. Наибольшую отзывчивость к культивированию на 2-м типе питательной среды также проявил сорт Марионберри, у которого среднее количество листьев в повторности на 60-е сутки эксперимента увеличилось на 29,3 шт., по сравнению с сортами Логанберри и Тайберри, у которых данный показатель вырос на 14,5 и 10 шт. соответственно. Следует отметить, что на 60-е сутки эксперимента у сорта Тайберри в двух повторностях наблюдалось интенсивное разрушение хлорофилла, что привело к резкому снижению числа зеленых листьев.

В 0-е сутки на 3-ем типе питательной среды сорт Тайберри достоверно отличался от сортов Марионберри и Логанберри. Установленные различия сортов сохранялись на протяжении всего эксперимента. Несмотря на то, что абсолютное значение прироста листьев у сорта Тайберри на 60-е сутки эксперимента к начальному значению оказалось наибольшим и составило 22,5 шт., по сравнению с сортами Логанберри и Марионберри, у которых прирост составил 17 и 13,4 шт. соответственно, относительный прирост листьев у сорта Тайберри оказался наименьшим, составив всего 47 %, что может указывать на его низкую способность к формированию новых листьев.

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать вывод, что среди испытанных сортов более активно листовой органогенез проходил у сорта Марионберри на всех типах питательных сред. В контроле (3-й тип питательной среды) на 60-е сутки эксперимента у данного сорта среднее количество листьев в повторности приросло на 61 %, на среде с фитогормонами в полной концентрации (1-й тип питательной среды) – на 62 %, на среде с фитогормонами в половинной концентрации (2-й тип питательной среды) – на 89 %. У сортов Логанберри и Тайберри отмечен наибольший прирост листьев в контроле (61 и 47 % соответственно), а культивирование на питательных средах с фитогормонами привело к снижению способности к листовому органогенезу. Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ по установлению влияния «сорта» и «типа питательной среды» в общем варьировании полученных данных показал значительное влияние сортовых особенностей, по-видимому, связанных с различным уровнем эндогенных

гормонов. Выявленная тенденция будет учитываться в дальнейших экспериментах по подбору условий, стимулирующих листовую органогенез у малинно-ежевичных гибридов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таварткиладзе, О. К. Размножение ежевики в культуре *in vitro* / О. К. Таварткиладзе, Н. А. Вечернина // Изв. Алтайс. гос. ун-та. – 2007. – № 3 (55). – С. 28–30.

2. Fira, A. Studies Regarding the Micropropagation of Some Blackberry Cultivars / A. Fira, D. Clapa, M. Simu // Bulletin UASVM Horticulture. – 2014. – Vol. 71 (1). – P. 29–37.

[К содержанию](#)

УДК 581.522.5

Н. М. МАТУСЕВИЧ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЛИСТЬЕВ НЕКОТОРЫХ ОКСИЛОФИТОВ БРЕСТСКОГО РЕГИОНА

Оксилофиты – растения, произрастающие в условиях кислых почв и вод при плохой их аэрации в результате постоянного или длительного полного насыщения почвы застойной водой.

Почва как субстрат и источник питания в значительной степени определяет характер растительности. Одним из главных химических показателей почвы является ее способность проявлять свойства кислот – кислотность почвы. Кислотность характеризуется величиной водородного потенциала (рН). Нейтральная реакция почвы соответствует рН 6,1–7,4. Если рН выше 7,4, то реакция почвы щелочная, ниже – кислая. Кислотность почвы обусловлена в первую очередь интенсивным вымыванием катионов и кислыми выделениями растений [1].

Оксилофиты – особая группа растения торфяных почв. Они переносят закисленность почв в сочетании с сильным увлажнением и анаэробизмом [2].

В связи с развитием сельского хозяйства, улучшением качества почв под нужды сельскохозяйственных культур, известкованием, мелиорацией доля кислых почв за последние годы сильно сократилась [3; 4]. Это губительно сказывается на распространении оксилофитов. В настоящее

время в некоторых районах Брестской области оксилофиты перестали встречаться. Широко распространены данные экоморфы только в природных резервуарах – болотах. Большинство мест обитания оксилофитов находятся под охраной государства.

Многие оксилофиты широко используются человеком (клюква, брусника, черника, голубика, багульник болотный и др.). В связи с наблюдающимся сокращением площадей сфагновых болот в Республике Беларусь ареал многих оксилофитов, растущих на этих болотах, сокращается, поэтому некоторые из них человек начинает выращивать на специально созданных плантациях, т. е. в искусственных условиях. Условия произрастания оксилофитов оказывают влияние и на анатомическую структуру их вегетативных органов, в частности листа [5].

У листа багульника болотного (*Ledum palustre* L.) эпидерма однослойная, образована мелкими, плотно сомкнутыми клетками. На внешней стороне, которая контактирует с атмосферой, откладывается толстый защитный слой кутикулы. На нижней поверхности листа расположено большое количество простых и головчатых железистых волосков. Устьица располагаются только на нижней стороне листа, среди клеток нижней эпидермы и на одном уровне с ее клетками, т. е. не являются погруженными. Число устьиц на единицу поверхности невелико. Мезофилл листа гомогенный, имеет сильно развитую губчатую ткань, среди клеток которой находится большое количество межклетников. Сеть жилок не густая, проводящие ткани пучков развиты не сильно. Механические ткани развиты слабо.

Лист брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) имеет дорзовентральное строение. Листовая пластинка состоит из эпидермы, мезофилла (губчатой и столбчатой паренхимы), сосудисто-волокнистых пучков. Эпидерма покрывает лист с обеих сторон. Это однослойная ткань, клетки ее живые, плотно соединены между собой. Клетки верхнего эпидермиса слабоизогнутые, клетки нижнего эпидермиса слабоизвилистые. Устьица расположены на нижнем эпидермисе (гипостоматический тип). У брусники устьица многочисленные, мелкие, сферовидной формы, окружены четырьмя околоустьичными клетками. Встречаются клетки с бурым содержимым. Лист брусники обыкновенной на нижней стороне имеет булавовидные железки с бурым содержимым. По жилкам и на черешке листа брусники встречаются одноклеточные волоски с толстыми стенками и гладкой или слабобородавчатой поверхностью. У брусники под верхним эпидермисом располагается несколько неправильных рядов палисадной паренхимы, занимающей менее половины толщины пластинки. Губчатая паренхима очень рыхлая с крупными воздухоносными полостями. Наружная стенка клеток сильно кутинизирована.

Сверху и снизу от проводящего пучка хорошо развиты тяжи волокон. По краю листа наблюдается уголковая колленхима. В мезофилле встречаются редкие одиночные кристаллы и друзы оксалата кальция.

Эпидерма листа клюквы (*Vaccinium oxycoccos* L.) четко подразделяется на нижний слой, состоящий из более мелких клеток, среди которых находятся устьица, и верхний, образованный крупными плотносомкнутыми клетками. Клетки эпидермы у листа клюквы крупные. Слой кутикулы достаточно мощный. Клетки мезофилла тоже довольно крупные. Палисадный мезофилл состоит из вытянутых клеток, расположенных в два слоя, клетки губчатой ткани также имеют вытянутую форму, образуют межклетники и располагаются перпендикулярно нижней эпидерме. В однолетнем листе клетки эпидермы мельче, а слой кутикулы тоньше. У листа второго года жизни эпидермальные клетки, особенно входящие в состав нижней эпидермы, значительно крупнее, а слой кутикулы толще почти в два раза. Мезофилл в однолетнем листе слабо дифференцирован на слои палисадной и губчатой ткани и в основном представлен рыхлой губчатой тканью с достаточно крупными межклетниками. Лист второго года жизни имеет гетерогенный мезофилл, четко подразделяющийся на верхний палисадный слой, образованный двумя рядами клеток, и нижний губчатый с межклетниками и воздухоносными полостями.

В эпидерме листа голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) хорошо выделяется нижний слой. Он состоит из довольно мелких клеток, среди них располагаются устьица. Верхний эпидермис образован крупными клетками, которые плотно сомкнуты. Клетки эпидермы у листа голубики по сравнению с другими кустарничками более мелкие, слой кутикулы небольшой. Клетки мезофилла довольно крупные, палисадный мезофилл состоит из вытянутых клеток, расположенных в два слоя, клетки губчатой ткани также имеют вытянутую форму, образуют межклетники и располагаются перпендикулярно нижней эпидерме.

Лист вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* (L.) Hill) эрикоидного типа с сильно завернутыми краями. Таким образом, могут проявляться динамические реакции на изменения погодных условий. Чрезмерное испарение воды в сухую погоду ослабляет напряжение в слоях мезофилла на нижней стороне листа, поэтому лист выгибается, скручивается и контакт листовой полости с окружающей средой уменьшается. У вереска устьица есть и на верхней стороне листа. Они отсутствуют лишь на боковых его сторонах, покрытых мощной кутикулой. Поэтому испарение происходит даже при полностью закрытой листовой полости. Значение этой полости становится понятным, если лист опустить в воду. Эпидерма покрыта очень толстой кутикулой. Мезофилл сложен столбчатой и

губчатой тканью. Клетки столбчатого мезофилла плотно сомкнуты, расположены в один ряд. Губчатый мезофилл представлен аэренхимой с очень крупными воздухоносными полостями. В центре листа находится один пучок закрытого коллатерального типа.

Листовая пластинка черники (*Vaccinium myrtillus* L.) имеет дорзовентральное строение. Она состоит из эпидермы, столбчатой и губчатой паренхимы, сосудисто-волокнистых пучков. Эпидерма покрывает лист с обеих сторон. Это однослойная ткань, клетки ее живые, плотно соединены между собой. Клетки эпидермы с верхней и нижней стороны покрыты кутикулой. Устьица расположены на нижнем эпидермисе. У черники они вытянутой колпачковидной формы, окружены 4–6 околоустьичными клетками (аномоцитный тип устьичного аппарата). По жилкам с верхней стороны листа расположены одноклеточные, толстостенные прямые волоски с грубой бородавчатой поверхностью. На обеих сторонах листа, по жилкам и на краевых зубцах, встречаются булавовидные железки с многоклеточной двурядной ножкой и многоклеточной головкой.

Лист подбела многолистного (*Andromeda polifolia* L.) имеет ксероморфную структуру. Он плотный кожистый, с мощной кутикулой. Нижняя сторона, несущая устьица, покрыта восковым налетом. Палисадная паренхима представлена крупными вытянутыми плотно прилегающими друг к другу клетками. Клетки столбчатого мезофилла располагаются в два слоя. Вместе с тем в структуре листа явно заметны и некоторые гигроморфные черты – крупные размеры клеток и развитие больших межклетников в губчатой ткани.

Лист щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa* (L.) P.Beauv.) покрыт одним слоем эпидермальных клеток. Склеренхима залегает на гребне, в верхней части листовой пластинки. Устьица располагаются сверху на боковых сторонах гребней. В углублениях между гребнями находятся моторные клетки. Они представляют собой большие живые клетки с тонкими стенками, способные изменять объем. Они раскрывают или закрывают лист в зависимости от влажности. В связи с влагоустойчивостью мезофилл листа щучки дернистой представлен однородными клетками развитой рыхлой губчатой ткани с большими межклетниками. Столбчатая паренхима не выражена. Проводящие пучки окружены тонкостенными паренхимными обкладочными клетками. Обкладка и клетки основной паренхимы образуют вокруг проводящего пучка концентрические круги, которые хорошо видны в микроскоп на поперечных срезах.

Таким образом, особенности среды сфагнового болота обуславливают специфическую структуру растений оксилофитов, объединяющую

в себе признаки ксерофитов, с одной стороны, и признаки гигрофитов – с другой. То есть сочетание в своем строении противоположных признаков способствовало выделению этих растений в самостоятельную экологическую группу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы почвоведения : учеб. для вузов / под. ред. С. П. Кулижского, А. Н. Рудого. – Томск : ТГПУ, 2005. – 408 с.
2. Савиных, Н. П. Биоморфология и система жизненных форм водных и прибрежно-водных растений / Н. П. Савиных // Труды VIII международной конференции по морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых. Т. 2. – М. : МПГУ, 2009. – С. 173–182.
3. Уиттекер, Р. Г. Сообщества и экосистемы / Р. Г. Уиттекер. – М. : Прогресс, 1980. – 326 с.
4. Мешечко, Е. Н. Краеведение : учеб.-метод. пособие для студентов геогр. фак. / Е. Н. Мешечко ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2010. – 353 с.
5. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений / Т. И. Серебрякова [и др.]. – М. : Академкнига, 2006. – 543 с.

[К содержанию](#)

УДК 577.11:57.013

А. В. МЕЛЮХ, О. В. КОРЗЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

КУЛЬТУРА АМАРАНТА – ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАСТЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

На протяжении многих веков растительный мир используется человеком как объект для исследования в различных областях науки и промышленности. Благодаря своему биоразнообразию растительный мир предоставляет нам уникальные возможности для понимания и развития научных и практических знаний. Среди этого многообразия наиболее перспективной для исследования является однолетняя культура – Амарант трехцветный (*Amaranthus tricolor*) из семейства *Amaranthaceae*.

Известно, что амарант, по сравнению с другими культурными растениями, обладает рядом отличительных свойств, что и делает его наиболее перспективным для использования как объекта для научных исследований. Амарант трехцветный, являясь не только декоративной,

но и овощной культурой, в своем составе содержит большое количество незаменимых аминокислот, таких как лизин, лейцин, валин, метионин и др., а также пищевые волокна и сквален. Помимо этого, амарант обладает высокой концентрацией беталаинов, которые могут быть использованы в качестве натуральных пищевых красителей.

Области применения данной культуры многогранны и охватывают большой спектр для изучения: в генетике, медицине, пищевой и сельскохозяйственной отрасли, фитотерапии, физиологии и биохимии растений.

Что касается использования амаранта в генетике, то работ, посвященных этой тематике, а именно генетической трансформации амаранта, в литературе встречается крайне мало. На данный момент для амаранта разработаны лишь два метода агробактериальной трансформации, а именно эмбриогенного каллуса и сегментов эпикотилей.

Благодаря своему богатому химическому составу амарант используется в генетике, как донор генов, для создания новых трансгенных растений [1]. Амарант является перспективным видом, служащим в качестве донора и других генов кандидатов регуляции стрессоустойчивости, которые могут быть использованы при создании различных трансгенных растений с хозяйственно-ценными признаками [2].

Амарант высоко ценится и как лекарственное растение. Масло семян амаранта находит применение в лечении заболеваний ЖКТ, ожогов, опухолей благодаря содержанию сквалена, а из-за высокого содержания пектина отмечена способность зеленых листьев выводить из организма радионуклиды и тяжелые металлы [3]. Согласно данным, процентное содержание сквалена в амаранте составляет порядка 8–10 %, и здесь амарант является перспективным объектом исследования, так как в настоящее время поиск новых источников получения биологически активных веществ остается актуальным направлением фармацевтической науки.

В связи с проблемой обеспечения человечества пищей во всем мире ведутся поиски путей повышения продуктивности растений и выявления новых культур, способных быть как источником качественных продуктов питания, так и сырьем для создания новых лекарственных препаратов. Наиболее перспективным среди других растений является амарант.

Наличие полезных веществ в листьях и семенах амаранта позволяет использовать данное растение в качестве корма для крупного рогатого скота, домашней птицы, в производстве лекарств и продуктов питания. Из растения амаранта изготавливают макаронные и кондитерские изделия, чипсы, пакетики с зерном амаранта для каш и супов. Из зерен амаранта, благодаря комплексной технологии, были получены мука, масло и белковый концентрат. Наиболее эффективно себя зарекомендовали хлебобулочные изделия из амарантовой муки [4].

Отличительной особенностью амаранта от многих других сельскохозяйственных культур является его способность к С4-фотосинтезу. Механизм такого рода фотосинтеза позволяет ему проявлять важные особенности, такие как высокая засухо-, термо- и солеустойчивость, при этом не теряя своей продуктивности [5].

В настоящее время растительное сырье служит источником получения биологически активных добавок, и амарант, обладая ценным химическим составом, определяет перспективность его использования в качестве источников биологически активных веществ. Амарант является растением быстрого роста, что позволяет использовать его в качестве растительного объекта для всевозможных вегетационных лабораторных исследований.

В листьях и зернах амаранта содержатся вещества, имеющие высокую питательную ценность. За счет них продукты питания из амаранта становятся полноценными и сбалансированными по биохимическому составу [6], что имеет весьма широкое применение амаранта в будущем, в первую очередь как пищевую культуру.

Следует обратить внимание на экологическое значение этой культуры не только как источника диетических и экологически чистых продуктов, но и в связи с возможностью очистки и облагораживания с ее помощью почв. Амарант отличается высоким уровнем устойчивости к болезням, засухе, жаре и засолению. Именно поэтому данная культура может быть использована как объект для тестирования различных стресс-факторов. Обладая высоким адаптационным потенциалом культура амаранта приобретает особое значение в настоящее время, когда экологическая ситуация существенно осложнилась из-за антропогенной деятельности человека.

Таким образом, амарант – новая для нашей страны культура, привлекающая к себе внимание исследователей и практиков науки богатством и сбалансированностью биохимических веществ, удивительно высокой урожайностью, повышенным содержанием витаминов, минеральных солей. Сегодня это растение способно занять ведущее положение не только в качестве продовольственной и кормовой, но также и лекарственной культуры. Кроме того, в связи с ожидаемыми глобальными изменениями климата на Земле использование амаранта становится еще более актуальным благодаря его уникальной особенности приспосабливаться к различным условиям внешней среды [7].

На основании приведенных материалов можно заключить, что амарант является перспективным растением в качестве объекта для научных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xia, L. Transgenic rice overexpressing C (4) photosynthetic genes and their application in breeding / L. Xia, J. Demao // Europe PubMed Central. – 2005. – Vol. 3. – P. 550–556.
2. Palmeros-Suarez, P. A. The overexpression of an *Amaranthus hypochondriacus* NFYC gene modifies growth and confers water deficit stress resistance in *Arabidopsis* / P. A. Palmeros-Suarez, J. A. Massange-Sánchez, N. A. Martínez-Gallardo // Plant Sci. – 2015. – Vol. 240. – P. 25–40.
3. Кононков, П. Ф. Амарант – ценная овощная и кормовая культура многопланового использования / П. Ф. Кононков, В. А. Сергеева // Аграр. вестн. Урала. – 2011. – № 4 (83). – С. 63–64.
4. Кизатова, М. Ж. Хлеб функционального назначения / М. Ж. Кизатова, Р. У. Уажанова // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 9. – С. 17–180.
5. Чиркова, Т. В. Амарант – культура XXI века / Т. В. Чиркова // Сорос. образоват. журн. – 1999. – № 10. – С. 22–27.
6. Кононков, П. Ф. Интродукция амаранта в России / П. Ф. Кононков, М. С. Гинс // Овощи России : науч.-практ. журн. – 2008. – № 1. – С. 79–82.
7. Офицеров, Е. Н. Использование амаранта в решении проблемы гипокальциемии / Е. Н. Офицеров, Ю. А. Коростелева // Бутлеровские сообщ. – 2005. – Т. 6, № 2. – С. 57–66.

[К содержанию](#)

УДК 547.81:339.2:655.6

Д. И. МИСЮЛЯ, И. В. МИНЕЕВА

Беларусь, Минск, БГУ

**НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ МУЛЬТИКОМПОНЕНТНОЙ
РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ДИМЕДОНА, МАЛОНОНИТРИЛА
И 2-ГИДРОКСИНАФТАЛЬДЕГИДА**

Актуальность темы. Среди кислородсодержащих гетероциклических соединений большое значение имеют производные 4*H*-хромена в связи с тем, что, с одной стороны, соединения, содержащие хроменовый фрагмент, встречаются в пигментах, косметических средствах, агрохимикатах, являются потенциальными фармакофорами и, с другой, используются для изучения широкого спектра биохимических процессов различной степени сложности [1]. Так, было показано, что производные 4*H*-хромена обладают антипролиферативной [2], противовирусной [3], фунгицидной активностью, а также могут вызывать апоптоз лейкозных

клеток [4]. Кроме того, при помощи модуля PASS Online нами проведен *in silico* прогноз возможных биологических свойств 2-амино-4-(4,4-диметил-2,6-диоксоциклогексил)-4*H*-бензо[*f*]хромен-3-карбонитрила (рисунок). Индекс P_a позволяет оценить вероятность появления свойства, а индекс P_i – его отсутствия. Результаты прогноза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Прогноз *in silico* возможных биологических свойств соединения **4**

P_a	P_i	Биологическое свойство
0,724	0,001	Стимулятор каталазы
0,719	0,002	Ингибитор цистиниламинопептидазы
0,710	0,014	Агонист апоптоза
0,714	0,055	Субстрат CYP2C12
0,597	0,002	Активатор калиевых каналов большой проводимости, активируемый кальцием
0,598	0,029	Противоартритная активность
0,589	0,033	Ингибитор захвата нейротрансмиттеров
0,531	0,005	Стимулятор фактора 2, связанного с NF-E2
0,549	0,033	Лечение алопеции

In silico оценка влияния соединения **4** относительно конкретного биологического объекта проводилась на примере организма крысы (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка острой крысиной токсичности соединения **4**, оцененная *in silico*

Параметр	ЛД ₅₀ , мг/кг
Внутрибрюшинный путь введения	257,8
Внутривенный путь введения	25,3
Оральное введение	118,6
Подкожный путь введения	640,0

Такой же подход относительно соединения **4** был применен для оценки его противоопухолевой активности (таблица 3).

Таблица 3 – Прогнозирование цитотоксичности *in silico* для опухолевых и неопухолевых клеточных линий

P_a	P_i	Тип клеточной линии
0,642	0,007	T47D (клетки рака молочной железы)

0,344	0,016	NCI-H1299 (немелкоклеточная карцинома легких)
0,377	0,083	NALM-6 (острый лимфобластный лейкоз)

Таким образом, бензохромены обладают такими видами биологической активности, которые представляют наибольший интерес для медицинских, биохимических и других исследований.

Эффективным методом получения кислородсодержащих гетероциклических соединений являются мультикомпонентные реакции (МКР) [1]. МКР – это такие реакции, в которых три и более реагента соединяются с образованием высокоселективного продукта, в состав которого входит большинство атомов исходных реагентов [5]. Такой метод получения гетероциклических соединений позволяет снизить число стадий синтеза, что влечет за собой не только экономическую выгоду, но и соответствует современным концепциям «зеленой химии» [6].

В связи с вышесказанным, **целью** настоящей работы является установление оптимальных условий протекания МКР синтеза 2-амино-4*H*-бензохромен-3-карбонитрилов посредством варьирования используемых катализаторов, а также растворителей.

Результаты и их обсуждение. Поиск оптимальных условий (скрининг катализаторов, подбор растворителей) МКР осуществлялся относительно синтеза 2-амино-4-(4,4-диметил-2,6-диоксоциклогексил)-4*H*-бензо[*f*]хромен-3-карбонитрила (рисунок) из димедона (**1**), 2-гидрокси-нафталяльдегида (**2**) и малондинитрила (**3**).

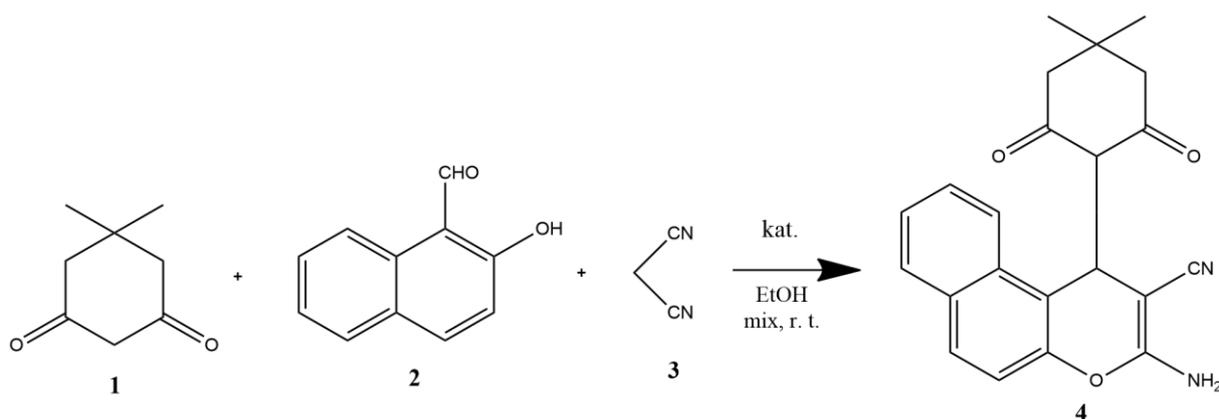


Рисунок – Мультикомпонентная реакция синтеза 2-амино-4-(4,4-диметил-2,6-диоксоциклогексил)-4*H*-бензо[*f*]хромен-3-карбонитрила

Таблица 4 – Влияние катализаторов (20 мольн. %) различной химической природы на протекание мультикомпонентной реакции

Катализатор	Выход прод. 4, %	Катализатор	Выход прод. 4, %
ScCl ₃ ·6H ₂ O	22	I ₂ /C ₂ H ₅ OH	42
YCl ₃ ·6H ₂ O	39	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂ (осажд. при pH = 6)	62
LaCl ₃ ·6H ₂ O	35	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂ (осажд. при pH = 8)	45

Продолжение таблицы 4

EuCl ₃ ·6H ₂ O	34	Py	51
EuI ₃ ·6H ₂ O	34	Et ₃ N	32
SmCl ₃ ·6H ₂ O	33	NH ₄ OAc	30
TmCl ₃ ·6H ₂ O	21	DMAP	26
DyCl ₃ ·6H ₂ O	17	DBU	17
CeCl ₃ ·6H ₂ O	14	Pip	8
LuCl ₃ ·6H ₂ O	13	2,6-диметилпиридин	53
YbCl ₃ ·6H ₂ O	1	2-метилпиридин	36
Yb(OTf) ₃	3	3-метилпиридин	42
InCl ₃ ·6H ₂ O	25	Gly	60
In(OTf) ₃	22	Asp	57
AlCl ₃ ·6H ₂ O	3	Orn	50
SnCl ₂ ·2H ₂ O	34	Lys	48
CuCl ₂	7	His	46
CuBr ₂	19	Ley	42
Cu(OTf) ₂	37	Val	39
ZnCl ₂	7	Pro	35
Zn(OTf) ₂	25	Tre	24
NiCl ₂ ·6H ₂ O	3		

К настоящему времени описан подход [1], при котором соединение **4** получали при применении в качестве катализатора кислоты Льюиса – гексагидрата хлорида индия (III). Нами дополнительно опробованы катализаторы другой химической природы, перечень которых представлен в таблице 4. Другие кислоты Льюиса не показали особенной эффективности. Соли металлов различных электронных семейств в целом показали самые различные результаты. Среди неорганических соединений также примечателен эффект, оказанный гидроксиапатитами, осажденными при разных показателях pH: наибольший выход был характерен для того вещества, которое было осаждено в кислой среде. При изучении влияния на выход продукта МКР азотсодержащих органических веществ в качестве катализаторов было установлено, что наилучшие результаты показывает пиридин. В целом неплохие результаты демонстрировали и аминокислоты, однако практически во всех случаях образовывались побочные вещества, трудно отделяемые от основного продукта.

Кроме оценки эффективности катализаторов различной химической природы, нами была проведена оценка эффективности влияния различных растворителей на ход МКР, где в качестве катализатора применялся пиридин (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние различных растворителей на ход мультикомпонентной реакции при использовании Ru как катализатора

Растворитель	Выход прод. 4 , %
СН ₃ ОН	14
<i>i</i> -PrОН	56
ТГФ	71
ДМФА	70
СН ₃ CN	42
бензол	63
ДМСО	68

Исходя из полученных данных, видно, что выходы в спиртах несколько ниже, чем в других растворителях. При этом признаки реакции в случае изопропилового спирта появились только тогда, когда последний был заменен на этанол. В целом сравнительно лучшие результаты демонстрируют апротонные растворители. Тем не менее вещества, полученные в ТГФ и ДМФА, характеризовались неоднородностью. В случае с ТГФ образование осадка началось только после добавления этанола. Для получения кристаллов в ДМФА необходимо было провести водную обработку реакционной смеси. Более удовлетворительные результаты в этом отношении были получены в случае с ДМСО, где так же имела место водная обработка реакционной смеси.

Заключение. Таким образом, применение в качестве катализаторов мультикомпонентной реакции солей металлов различных электронных семейств, аминокислот и других азотсодержащих органических соединений требует дополнительного изучения. Среди последних особенно эффективные результаты в контексте поставленной цели демонстрирует пиридин.

Затрагивая особенности влияния природы растворителя на ход МКР, кроме этанола следует обратить внимание и на апротонные растворители.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rapid and Efficient Access to 4-Substituted 2-Amino-4*H*-chromenes Catalyzed by InCl₃ / N. A. Lakshmi [et al.] // Synlett. – 2011. – № 10. – P. 1389–1394.
2. Ammonia-Doped Polyaniline-Graphitic Carbon Nitride Nanocomposite as a Heterogeneous Green Catalyst for Synthesis of Indole-Substituted

4*H*-Chromenes / A. Bahuguna [et al.] // ACS Omega. – 2018. – Vol. 3. – P. 12163–12178.

3. Discovery of benzochromene derivatives first example with dual cytotoxic activity against the resistant cancer cell MCF-7/ADR and inhibitory effect of the P-glycoprotein expression levels / Laila M. Al-Harbi [et al.] // J. of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry. – 2023. – Vol. 38. – P. 1145–1161.

4. Synthesis, antifungal activity and docking study of 2-amino-4*H*-benzochromene-3- carbonitrile derivatives / B. Mirjalili [et al.] // J. of Molecular Structure. – 2016. – Vol. 1116. – P. 562–579.

5. Multiple-Component Condensation Strategies for Combinatorial Library Synthesis / R. W. Armstrong [et al.] // Accounts of Chemical Research. – 1996. – Vol. 29. – P. 123–131.

6. Карпенко, К. А. Мультикомпонентный синтез замещенных пиперидинов : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.03 / К. А. Карпенко ; ФГБУН «Ин-т. орг. химии им. Н. Д. Зелинского РАН». – М., 2020. – 134 л.

[К содержанию](#)

УДК 665

Н. Я. МЯЛИКГУЛЫЕВА, М. Д. САПАРМУХАМЕДОВА

Туркменистан, Ашхабад, ТГУ имени Махтумкули

АНАЛИЗ СОСТАВА ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА СТЕБЛЕЙ ХЛОПЧАТНИКА

Сегодня Туркменистан придает большое значение комплексному и всестороннему развитию нашей национальной экономики. Примером тому является принятая 16 октября 2020 года Государственная программа комплексного развития химической науки и технологий в Туркменистане на 2021–2025 годы. Одной из основных задач этой программы является развитие чистых «зеленых технологий», основанных на очистке и вторичной переработке промышленных отходов [1].

Одним из перспективных направлений использования отходов растительного сырья является его термохимическое преобразование для получения древесного угля. На местном предприятии по производству брикетированного древесного угля в качестве исходного сырья используются стебли хлопчатника. Основной принцип производства древесного угля заключается в сжигании измельченных и прессованных в брикеты стеблей хлопчатника без доступа кислорода (пиролиз).

Получаемый таким образом древесный уголь является бездымным, без запаха и незагрязненным, а время горения его в три раза дольше обычного угля. Содержание углерода достигает 85 % и выше, а удельная теплота сгорания брикета составляет 7000–9000 ккал/кг. Технологический процесс получения угля состоит из следующих основных операций: измельчение сырья, сушка, разделение кондиционного сырья от некондиционного, перемешивание, предварительное уплотнение и наружное закаливание (получение брикета), подогрев, сухая перегонка (пиролиз), обугливание (прокалка угля), охлаждение, упаковка и хранение [2].

Весь процесс пиролиза занимает в среднем до 8 часов и происходит при температуре 500 °С. В процессе пиролиза хлопковых стеблей на 1 тонну сырья с выходом 35–40 % образуется биоуголь, а также выделяются пиролизная жидкость (40–45 %) и неконденсирующиеся газы (15–25 %). В состав газов входят следующие компоненты: CO₂, CO, CH₄, C₂H₄, H₂. Эти газы отводятся через специальную трубу от реторты в топочную камеру и там сжигаются, что обеспечивает экономию расхода топлива для поддержания горения за счет постоянного поступления неконденсированного газа в топку. Жидкие продукты пиролиза, представляющие собой отход производства угля, на данный момент этим предприятием не используются [2].

В различных литературных источниках пиролизной жидкостью растительных отходов называют пиролигиновую смолу, пек, пиролизное масло, бионефть, биотопливо, древесную жидкость, пиролигиновую кислоту и диэтилат древесины. При хранении пиролизной жидкости в закрытом сосуде в течение 3–6 месяцев происходит разделение на две фазы. Верхняя часть называется древесным уксусом и содержит органические кислоты (уксусную, муравьиную и пропионовую), спирты, гидроксилальдегиды и кетоны. Нижняя часть содержит в основном фенольные производные и полициклические ароматические углеводороды. В практике установлено, что древесный уксус можно использовать как биопестицид в сельском хозяйстве, фенольные производные – при производстве фенолформальдегидных смол, а также как консервант от гниения древесины [3–5].

Разработка научных основ получения новых конкурентоспособных на мировом рынке веществ из пиролизной жидкости является важной экономической и экологической задачей. Поэтому целью работы является анализ состава жидкого остатка пиролиза хлопковых стеблей физико-химическими методами.

Данная научная работа проводилась в лаборатории дипломных работ химического факультета Туркменского государственного университета имени Махтумкули. Пиролизная жидкость, образовавшаяся при пиролизе

стеблей хлопчатника, представляет собой черную, вязкую смесь с неприятным запахом. Было обнаружено, что этот остаток с течением времени не расслаивается. Также была изучена растворимость остатка в гексане и этилацетате, и обнаружено, что он частично растворим в гексане и полностью растворим в этилацетате.

Состав пиролизной жидкости изучали методом газовой хроматографии на приборе Thermo Scientific Trace 1300 с квадрупольным масс-детектором ISQ LT. Испытания проводились в капиллярной колонке TG-5MS длиной 30 м и диаметром 0,32 мм, температура испарителя 250 °С, температура источника ионов 250 °С. Температуру колонки поддерживали на уровне 40 °С в течение 3 мин., затем нагревали до 200 °С со скоростью нагрева 15 °С/мин, затем нагревали до 280 °С со скоростью нагрева 1 °С/мин и поддерживали эту температуру в течение 5 мин. Хроматограмма пиролизной жидкости представлена на рисунке.

В результате было установлено, что в пиролизной жидкости в основном содержатся фенол и его производные, а также полиароматические углеводороды.

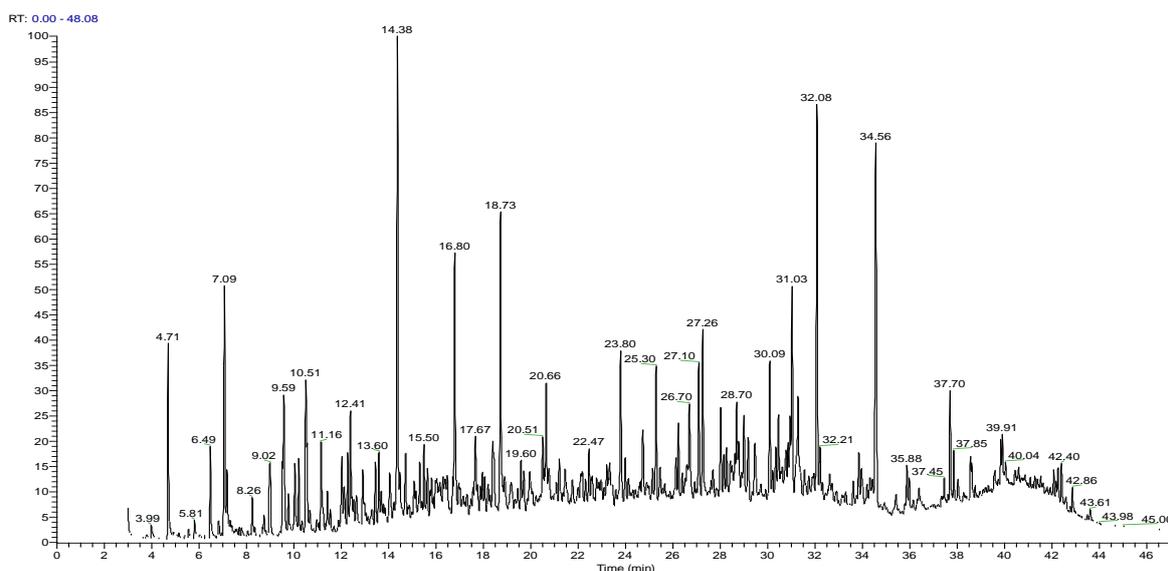


Рисунок – ГХ-МС хроматограмма пиролизной жидкости

Таким образом, полученная информация о составе и свойствах анализируемой пиролизной жидкости позволяет прогнозировать их химическую реакционную способность и свойства их продуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Türkmenistanda himiýa ylmyny we tehnologiýalaryny toplumlaýyn ösdürmegiň 2021–2025-nji ýyllar üçin Döwlet maksatnamasy hakynda

Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýylyň 16-njy oktyabryndaky 1957-nji karary // Türkmenistanyň Prezidentiniň namalarynyň we Türkmenistanyň Hökümetiniň çözümleriniň ýygyndysy. – 2020. – 11 с.

2. Древесный уголь, прессованный в брикеты. Технические условия : ТДС 02172283-01-2018. – Введ. 06.04.18. – Ашхабад : Туркменстандартлары, 2018. – 16 с.

3. Germicidal activity of tar obtained from pyrolysis of rice husk / R. Guha [et al.] // Biol. Wastes. – 1987. – № 21. – P. 93–100.

4. Fast pyrolysis of agricultural wastes. Characterization of pyrolysis products / J. Yanik [et al.] // Fuel Processing Technology. – 2007. – № 88. – P. 942–947.

5. Preparation of bio-oil-phenol-formaldehyde resins from biomass pyrolysis oil / J. Yi [et al.] // Applied Mechanics and Materials. – 2012. – Vol. 174–177. – P. 1429–1432.

[К содержанию](#)

УДК 665.6/7

П. С. НУРДЖАНОВА, Дж. Г. АТАЕВА

Туркменистан, Ашхабад, ТГУ имени Махтумкули

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОСТАТКОВ ПИРОЛИЗА ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Остатки пиролиза – это высокоароматизированная углеводородная смесь, которая образовывается в качестве второстепенного продукта в результате переработки природного газа путем крекинга при производстве этилена и пропилена на полимерном заводе Киянли.

Переработка сырья и расширение производства целевой продукции пиролиза является движущей силой для нефтехимической отрасли в наше время. Это объясняется тем, что пиролиз углеводородного сырья является основным процессом производства этилена и пропилена. Высококачественная переработка данных видов продукции является основанием для производства бензола, толуола, ксилола, этилбензола, стирола, дивинила, циклопентадиена, нафталина и других ценных видов углеводорода [3; 5].

Можно отметить, что развитие существующего в нашей стране производства новых, импортозамещающих химических изделий, которое основывается на переработке углеводородного сырья, является одной из важных задач. В данном направлении в целях выработки эффективных путей и способов получения новейших конкурентоспособных продуктов

на местном и мировом рынках путем химической переработки легкодоступного и с низкой стоимостью запасов сырья, изучение их физико-химического состава является важным научным вопросом и задачей [4].

Производственная мощность нового комплекса заводов состоит из возможности переработки природного газа объемом 5 млрд м³ в течение года. На предприятии, где установлено самое совершенное, современное технологическое оборудование, каждый год производится 386 тыс. тонн высококачественного полиэтилена, 81 тыс. тонн полипропилена [1].

Остатки пиролиза являются вторичным сырьем для производства нафталина, фталевого ангидрида и другой ценной химической продукции, необходимой для отрасли. В связи с тем что современные технологии позволяют производить из горючих материалов более ценную и более необходимую продукцию, тяжелые части жидких продуктов пиролиза являются сырьем с эффективным потенциалом для дальнейшего использования.

На полимерном заводе в Киянли данный остаток не перерабатывается. В связи с этим для переработки отходов газохимических комплексов особенно необходимы новые исследования, направленные на развитие комплексных технологий.

Использование жидких изделий пиролиза в качестве вторичного сырья и в целях развития технологии переработки отходов в нашей стране были проведены несколько научных работ по изучению химического состава пироконденсата производства пиролиза на полимерном заводе Киянли. Конденсат газа является основным сырьем для термического пиролиза в Туркменистане.

Дистиллят пиролиза – это жидкость светлого желто-коричневого цвета и с неприятным запахом. Его состав бывает не однородным, в зависимости от сырья может быть разнообразным. Лабораторные исследования были проведены путем стандартных физико-химических методов, а также были использованы инфракрасная спектроскопия и высококачественная (высокоэффективная) адсорбционная хроматография.

Выход исследуемого образца в зависимости от перерабатываемого сырья в процессе пиролиза составляет 10 %, при этом его средняя молекулярная масса равна 267, его вязкость 5,02 сСт, плотность около 0,986 г/см³. Физико-химические показатели отходов пиролиза были исследованы согласно ТУ 13684330-02-2020 и представлены в таблице 1.

Количественное содержание органических соединений, которые входят в состав отходов пиролиза, было определено на газовом хроматографе модели Agilent Technologies 7890, оборудованном масс-селективным детектором модели 5975 MSD. Данные о хроматографическом исследовании остатка пиролиза показаны на рисунке.

Таблица 1 – Физико-химические показатели пиролизного остатка полимерного производства

Физико-химические показатели	Норма для продукта	Значение
Внешний вид	Густая коричневая жидкость	Густая коричневая жидкость
Плотность, d^{20} , г/см ³	Не менее 0,895	0,986
Средняя молекулярная масса, м.а.е.	–	267
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С	Не менее 40	45
Вязкость, 40 °С, сСт	Не менее 4	5,02
Механические примеси	Нет	Нет
Выход по соотношению к исходному сырью, %	–	10

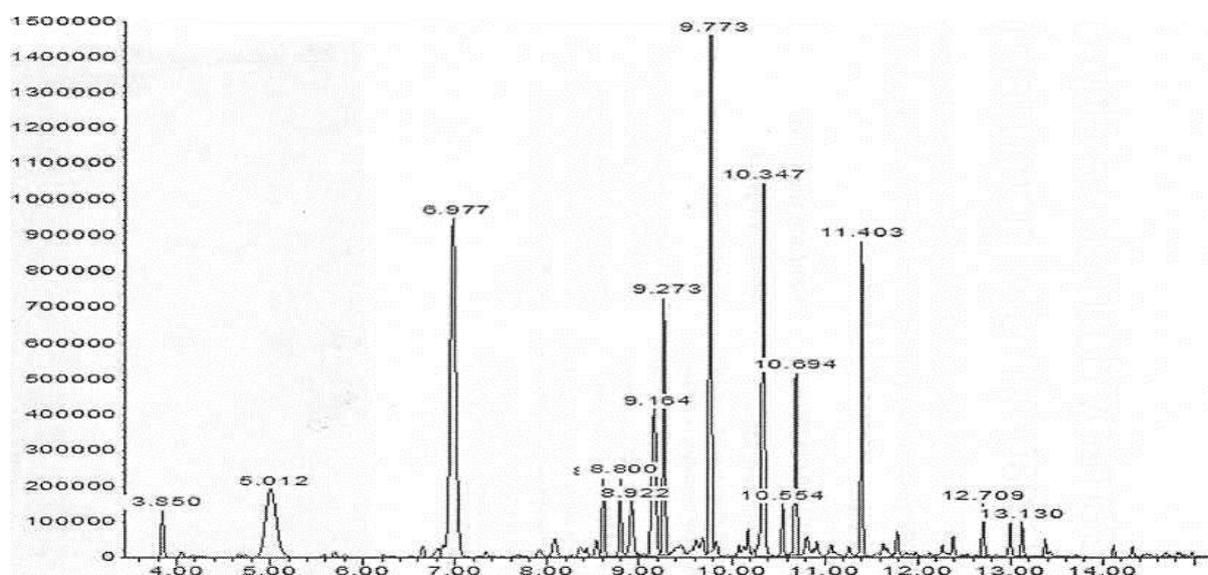


Рисунок – Хроматографическое исследование остатка пиролиза

Количество изопарафино-нафтеновых углеводородов в его составе составляет 7,99 %, совокупность ароматических и олефин углеводородов достигает 91,11 %, количество смолы – 0,9 %. Данные о групповом углеводородном составе пиролизного остатка полимерного производства указаны в таблице 2. Количество олефинуглеводородов в составе образца было установлено по бромному числу. Бромное число образца составляет 28,83 г Br₂/100 г, при этом это бромное число показывает, что количество олефинов в его составе достигает 48,11 %.

Таблица 2 – Групповой углеводородный состав пиролизного остатка полимерного производства

Показатель	Значение
Массовая доля серы, %	0,02
Бромное число, г Br ₂ /100 г	28,83
Изопарафино-нафтеновые углеводороды	7,99
(олефины + ароматические углеводороды)	91,11
В том числе: олефины	48,11
Ароматические углеводороды	43,00
Смолы	0,9

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный интернет-портал Туркменистана [Электронный ресурс] / Turkmenportal. Turkmenistan. – Ашхабад, 2023. – Режим доступа: <http://turkmenhimiya.gov.tm/factory-tm/polimernyj-zavod-kyuanly>.

2. Бёккер, Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза / Ю. Бёккер. – М.: Техносфера, 2009. – 472 с.

3. Гайбуллаев, С. А. Пироконденсат как ценное сырьё химического синтеза [Электронный ресурс] / С. А. Гайбуллаев, Б. Ж. Турсунов // Universum : Технические науки : электрон. науч. журн. – 2020. – № 6 (75). – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9680>.

4. Атадурдыев, Д. Проблемы производства импортозамещающих предприятий на полимерном заводе Кыянли. / Д. Атадурдыев, К. Хожаев, С. Аманлыев // Нефть, газ и минерал. ресурсы Туркменистана. – 2019. – № 3 (46). – С. 24–27.

5. Исследование химического состава пироконденсата пиролизного производства / О. Ш. Кодиров [и др.] // Universum : Технические науки : электрон. науч. журн. – 2018. – № 9 (54).

[К содержанию](#)

УДК 504.064:504.3.054

Д. А. СИНИЦЫНА, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА АЗОТА И МОНООКСИДА УГЛЕРОДА ПРЕДПРИЯТИЕМ ОАО «БАРХИМ» ЗА 2020–2022 ГГ.

Одним из источников загрязнения диоксидом азота и монооксида углерода в современных мегаполисах являются промышленные предприятия. Влияние промышленных предприятий на состояние атмосферного воздуха весьма существенно, особенно в крупных городах, в условиях плотной застройки и развитого промышленного комплекса.

Диоксид азота воздействует в основном на дыхательные пути и легкие, а также вызывает изменения состава крови, в частности уменьшает содержание в крови гемоглобина. Образующаяся в результате взаимодействия диоксида азота с водой азотная кислота является сильным коррозионным агентом.

Монооксид углерода легко проникает через почву и фильтрующие материалы. Большая концентрация этого газа негативно сказывается на состоянии человека, вызывая острые патологические состояния.

Целью работы является проведение мониторинга и выявление общей динамики данных по выбросам монооксида углерода и диоксида азота, предоставленных ОАО «Бархим» за период 2020–2022 гг. ОАО «Бархим» – один из крупнейших производителей товаров бытовой и промышленной химии, синтетических моющих средств в Республике Беларусь (г. Барановичи). Фирменные потребительские товары: стиральные порошки, жидкие и пастообразные моющие средства для стирки изделий из всех видов тканей, кондиционеры-ополаскиватели, отбеливатели; средства чистящие, для мытья посуды, санитарно-гигиенические; жидкое мыло. Производство осуществляется на новом оборудовании и по технологии компании Desmet Ballestra.SPA (Италия). Разработка и производство продукции сертифицированы по Международной системе качества СТБ ISO 9001-2015.

Мощности производства ОАО «Бархим» более 6000 т/год, в том числе жидкое мыло – 3000 т/год, средства для мытья посуды – 2000 т/год, кондиционеры-ополаскиватели – 200 т/год, средства жидкие для стирки тканей и автошампуни – более 800 т/год.

В качестве материала исследования использовались данные по выбросам загрязняющих веществ, предоставленные ОАО «Бархим», а также литературные источники.

Данные по выбросам диоксида азота и монооксида углерода за период 2020–2022 гг. представлены в таблице.

Таблица – Выбросы монооксида углерода и диоксида азота за период 2020–2022 гг.

Загрязнитель	Количество выбросов (т/год)		
	2020	2021	2022
Монооксид углерода	0,55	0,558	0,563
Диоксид азота	0,066	0,132	0,141

Количественный показатель выбросов монооксида углерода в начальной точке изучаемого периода составил 0,55 т/год. Количество выбросов в атмосферу монооксида углерода предприятием ОАО «Бархим» незначительно ежегодно увеличивалось. В 2021 и 2022 гг. увеличение составило 1,43 % и 0,88 %. Количественный максимум выбросов был зафиксирован в 2022 году. Динамика количества выбросов данных оксидов представлена на рисунке.

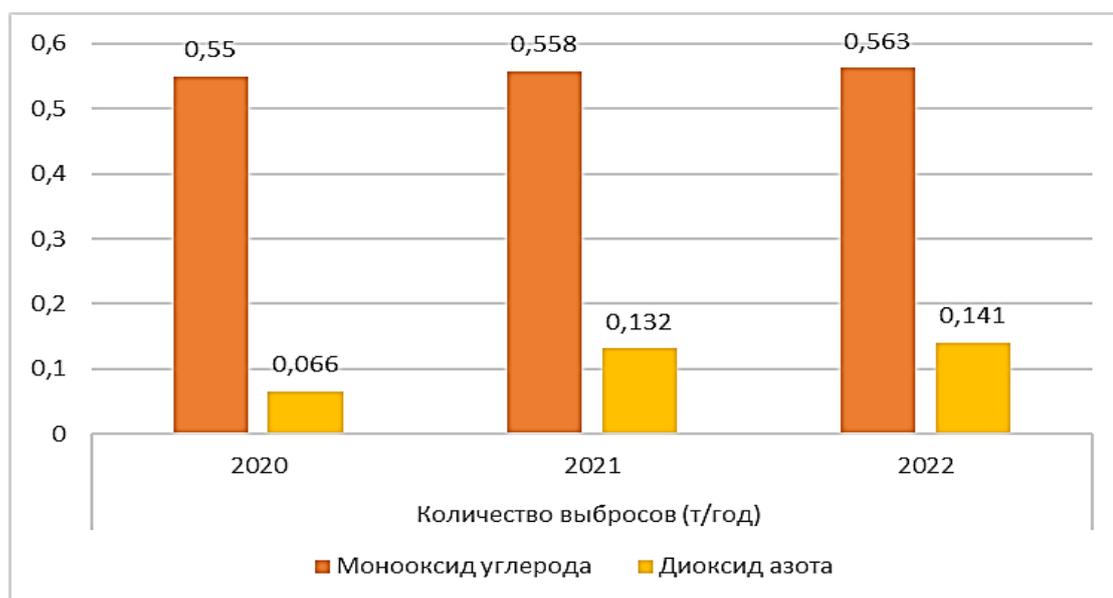


Рисунок – Динамика выбросов монооксида углерода и диоксида азота за период 2020–2022 гг.

Таким образом, можно сказать, что предприятие имеет тенденцию на постоянное плавное увеличение выбросов монооксида углерода, которое составляет 2,3 %.

Количественный показатель диоксида азота в 2020 г. составил 0,066 т/год, что является минимумом в изучаемом периоде. В 2021 г.

количество выбросов диоксида азота резко возросло в два раза, а уже в 2022 г. увеличилось на 6,38 %. Показатели предприятия ОАО «Бархим» имеют четко выраженную динамику, направленную на увеличение количества выбросов диоксида азота в атмосферный воздух. Общий показатель прироста количества выбросов диоксида азота в атмосферу за трехлетний период составляет 53,19 %.

ОАО «Бархим» ежегодно увеличивает количество выбросов загрязняющих веществ. Это может быть связано с ростом и развитием данного предприятия. Рост темпа производства продукции за 2022 г. составил 240,6 %. Увеличение мощности предприятия и его развитие во многом способствовало увеличению экспорта. При этом основной объем экспорта – без малого 94 % – пришелся на Россию.

Обработка и анализ предоставленной информации по выбросам монооксида углерода и диоксида азота за период 2020–2022 гг. позволяют сделать следующие выводы.

1. Динамика количества выбросов монооксида углерода и диоксида азота ОАО «Бархим» за период 2020–2022 г. имеет тенденцию на увеличение. В целом количество выбросов монооксида углерода увеличилось на 2,3 %, а диоксида азота на 53,19 %.

2. В 2020 г. зафиксировано минимальное количество выбросов монооксида углерода и диоксида азота

3. Максимальное количество выбросов данных газообразных веществ наблюдалось в 2022 г. Увеличение количества выбросов, по нашему мнению, связано с увеличением производственных мощностей и началом производства новой продукции.

4. Количество выбросов монооксида углерода и диоксида азота в изучаемый период не превышало допустимых норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курсов, С. В. Монооксид углерода: физиологическое значение и токсикология / С. В. Курсов // Медицина неотлож. состояний. – 2015. – № 6. – С. 9–16.

2. Кировская, И. А. Обезвреживание оксидов азота (IV) и углерода (II) на катализаторах системы InSb-CdTe / И. А. Кировская, Е. В. Миронова // Изв. высш. учеб. заведений. Химия и хим. технология. – 2015. – № 2. – С. 35–37.

[К содержанию](#)

УДК 541.124+546.431

С. В. СЛОНСКАЯ

Беларусь, Минск, БГАТУ

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФЕРРИТОВ **$\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$)**

Феррит стронция $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ со структурой магнетоплюмбита является магнитотвердым материалом, и из него изготавливают керамические постоянные магниты, которые широко используются в различных областях науки и техники [1–3]. До середины 90-х гг. XX в. улучшение магнитных свойств постоянных магнитов из феррита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в основном достигалось за счет модификации технологии их изготовления. В настоящее время перспективным направлением поиска новых магнитотвердых материалов для изготовления керамических постоянных магнитов с улучшенными магнитными характеристиками является изучение твердых растворов на основе феррита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, в котором часть ионов Sr^{2+} замещена ионами редкоземельного элемента Ln^{3+} ($\text{Ln} - \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}$) и эквивалентное количество ионов Fe^{3+} замещено ионами M^{2+} ($\text{M} - \text{Zn}, \text{Co}$) [4–7]. Однако в литературе отсутствуют сведения о физико-химических свойствах твердых растворов, полученных на основе феррита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, в котором часть ионов Sr^{2+} замещена ионами гадолиния Gd^{3+} и эквивалентное количество ионов Fe^{3+} замещено ионами Zn^{2+} .

В связи с этим целью настоящей работы – получение образцов ферритов системы $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$) и изучение их кристаллической структуры и электропроводности на постоянном токе.

Керамические образцы ферритов системы $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$) синтезированы твердофазным методом из оксидов гадолиния (Gd_2O_3), железа (Fe_2O_3), цинка (ZnO) и карбоната стронция (SrCO_3). Все реактивы имели квалификацию ч.д.а. Перемешивание и помол исходных соединений, взятых в необходимом соотношении, проводили в планетарной мельнице «Pulverizette 6» фирмы Fritsch с добавлением этанола. Полученную шихту прессовали под давлением 50–75 МПа в таблетки диаметром 19 мм и высотой 5–7 мм, которые затем обжигали при 1473 К на воздухе в течение 8 ч. После предварительного обжига таблетки дробили, мололи, прессовали в таблетки диаметром 9 мм, высотой 2–3 мм и бруски размером $5 \times 5 \times 30 \text{ мм}^3$, которые обжигали на воздухе при 1473 К в течение 4 ч.

Рентгеновские дифрактограммы образцов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$) получены на дифрактометре Bruker

D8 ADVANCE (излучение CuK_α) при комнатной температуре. Параметры кристаллической решетки полученных ферритов со структурой магнетоплюмбита были рассчитаны с помощью рентгеноструктурного табличного процессора RTR. Электропроводность образцов измеряли четырехконтактным методом на постоянном токе на воздухе в интервале температур 300–1100 К.

На рисунке 1 приведены рентгеновские дифрактограммы полученных образцов ферритов системы $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$). Их анализ показал, что образцы ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ с $x \geq 0,1$, кроме основной фазы со структурой магнетоплюмбита, содержали примесную фазу $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, количество которой постепенно увеличивалось при увеличении x от 0,1 до 0,5. В образцах с $x \geq 0,2$ в небольшом количестве присутствовала также фаза феррита гадолия $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ со структурой граната, количество которой постепенно увеличивалось при увеличении x от 0,2 до 0,5. В образцах с $x = 0,3; 0,4; 0,5$, кроме примесных фаз $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, в небольшом количестве присутствовали фазы GdFeO_3 , ZnFe_2O_4 , а в образцах с $x = 0,4, 0,5$ присутствовала фаза Gd_2O_3 .

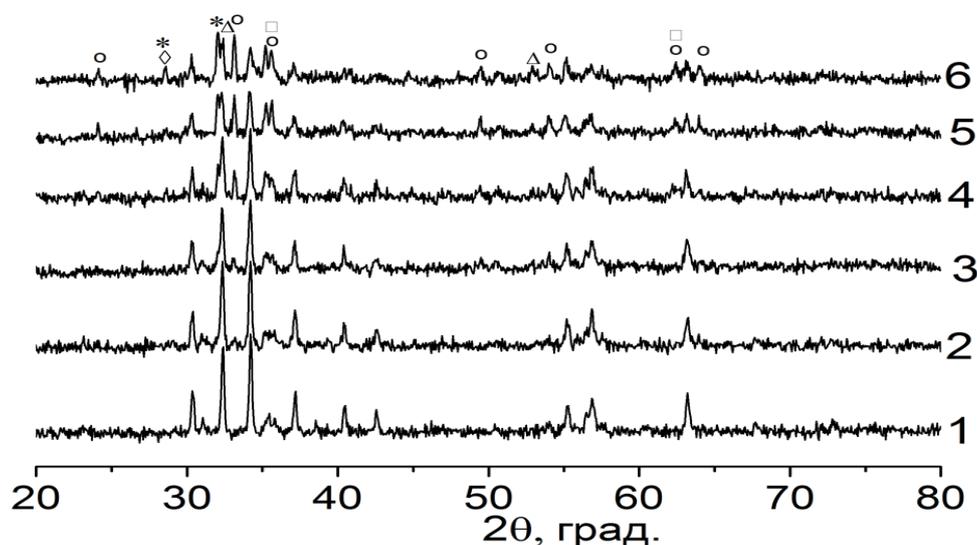


Рисунок 1 – Рентгеновские дифрактограммы образцов ферритов системы $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$:

$x = 0$ (1); 0,1 (2); 0,2 (3); 0,3 (4); 0,4 (5); 0,5 (6);

o – $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, * – $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, Δ – GdFeO_3 , \square – ZnFe_2O_4 , \diamond – Gd_2O_3

В таблице приведены значения параметров кристаллической решетки a , c и объема V элементарной ячейки фазы твердых растворов ферритов со структурой магнетоплюмбита, образовавшихся при синтезе образцов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$. Их анализ показывает, что

увеличение степени замещения x до 0,2 приводит к постепенному увеличению параметров кристаллической решетки a и c от величин 5,8805 Å, 23,031 Å для $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ до 5,8849 Å, 23,058 Å для образца с $x = 0,2$.

Таблица – Значения параметров a , c и объема V кристаллической решетки, средние коэффициенты линейного теплового расширения (α), энергии активации электропроводности ниже (E_{A1}) и выше (E_{A2}) температуры излома $T_{\text{изл}}$ и величина $\Delta E = E_{A2} - E_{A1}$ ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$)

x	a , Å	c , Å	V , Å ³	$\alpha \cdot 10^5$, К ⁻¹	$T_{\text{изл}}$, К	E_{A1} , эВ	E_{A2} , эВ	$\Delta E = E_{A2} - E_{A1}$, эВ
0	5,8805	23,031	689,719	1,20	870	0,59	0,66	0,09
0,1	5,8818	23,033	690,059	1,18	650	0,89	1,04	0,15
0,2	5,8849	23,058	691,563	1,16	810	0,98	1,12	0,14
0,3	5,8837	23,053	691,121	1,14	780	0,92	1,04	0,12
0,4	5,8833	23,093	692,223	1,16	660	0,88	1,03	0,15
0,5	5,8831	23,092	692,161	1,14	830	0,74	1,12	0,38

Дальнейшее увеличение степени замещения x до 0,5 приводит к постепенному уменьшению параметра a до 5,8831 Å и увеличению параметра c до 23,092 Å. Полученные в настоящей работе значения параметров кристаллической решетки a , c и объема V для $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ лишь незначительно отличаются от литературных данных для этого феррита ($a = 5,8844$ Å, $c = 23,05$ Å, $V = 691,20$ Å³ [8]).

Фотографии поверхности скола образцов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$), полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-5610V (Япония), показали, что большинство кристаллитов (зерен) не имеют хорошей огранки и их размер составляет 1,5–3 мкм.

Полученные зависимости удельной электропроводности κ от температуры T (рисунок 2, а) и $\ln \kappa$ от T^{-1} (рисунок 2, б) для образцов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ показывают, что электропроводность всех исследованных образцов ферритов с повышением температуры увеличивается и является полупроводниковой. При этом для образцов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ повышение степени замещения x от 0 до 0,2 приводит при одинаковых температурах к уменьшению удельной электропроводности. Так, например, удельная электропроводность при 950 К ($\kappa_{950\text{К}}$) для образцов ферритов с $x = 0$; 0,1; 0,2 равна $19,76 \cdot 10^{-3}$; $5,48 \cdot 10^{-3}$; $0,56 \cdot 10^{-3}$ См·см⁻¹ соответственно. В области составов с $x = 0,3$; 0,4; 0,5 удельная электропроводность постепенно увеличивается и при

950 К для состава с $x = 0,5$ становится равной $13,74 \cdot 10^{-3} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$. Для всех исследованных образцов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ на прямолинейных зависимостях $\ln \sigma$ от T^{-1} (рисунок 2, б) наблюдается излом при температуре $T_{\text{изл}}$. Как и в системе $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ [9], наклон прямых зависимостей $\ln \sigma$ от T^{-1} в области температур $T > T_{\text{изл}}$ больше, чем для области температур $T < T_{\text{изл}}$. Это указывает на более высокое значение энергии активации электропроводности исследованных ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ в области температур $T > T_{\text{изл}}$ (E_{A2}), чем для температур $T < T_{\text{изл}}$ (E_{A1}). Полученные результаты (таблица) показывают, что увеличение степени замещения x ионов Sr^{2+} в феррите $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ионами Gd^{3+} и ионов Fe^{3+} ионами Zn^{2+} от 0 до 0,2 приводит к увеличению энергии активации электропроводности E_{A1} , E_{A2} : от значений 0,59 эВ, 0,66 эВ соответственно для феррита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ до величин 0,98 эВ, 1,12 эВ соответственно для феррита $\text{Sr}_{0,8}\text{Gd}_{0,2}\text{Fe}_{11,8}\text{Zn}_{0,2}\text{O}_{19}$. Разница между E_{A2} и E_{A1} ($\Delta E = E_{A2} - E_{A1}$) для твердых растворов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ при увеличении x от 0 до 0,4 изменяется незначительно в интервале значений 0,09–0,15 эВ, но для $x = 0,5$ она значительно выше и равна 0,38 эВ (таблица).

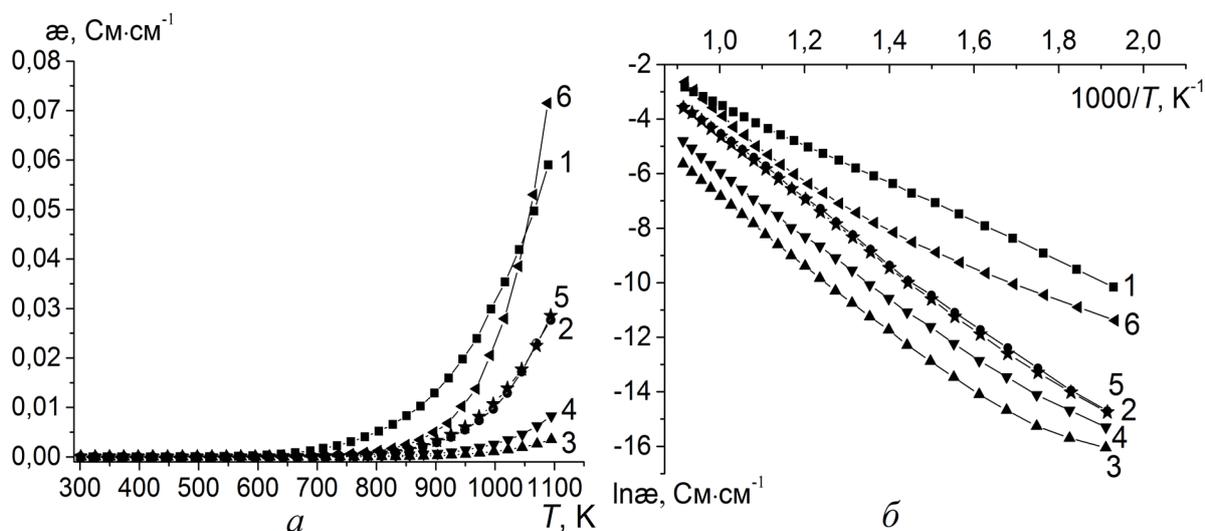


Рисунок 2 – Зависимость удельной электропроводности (σ) от температуры (T) (а) и $\ln \sigma$ от T^{-1} (б) ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$: $x = 0$ (1); 0,1 (2); 0,2 (3); 0,3 (4); 0,4 (5); 0,5 (6)

Твердофазным методом на воздухе при температуре 1473 К получены образцы ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$). Рентгенофазовый анализ показал, что образцы с $x \geq 0,1$, кроме основной фазы твердых растворов ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ со структурой магнетоплюмбита, содержали примесную фазу $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. В образцах с $x \geq 0,2$ присутствовали также фазы $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, GdFeO_3 ,

ZnFe_2O_4 , Gd_2O_3 . Установлено, что увеличение степени замещения x до 0,2 приводит к постепенному увеличению параметров кристаллической решетки a и c от величин 5,8805 Å, 23,031 Å для $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ до 5,8849 Å, 23,058 Å для образца с $x = 0,2$. Установлено, что зависимость удельной электропроводности от температуры для всех исследованных ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,5$) является полупроводниковой. Энергия активации электропроводности ферритов $\text{Sr}_{1-x}\text{Gd}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0-0,4$) в области температур выше температуры излома ($T_{\text{изл}}$) на зависимостях $\ln \sigma$ от T^{-1} на 0,09–0,15 эВ больше энергии активации электропроводности при температурах ниже температуры излома ($T_{\text{изл}}$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смит, Я. Фериты / Я. Смит, Х. Вейн. – М. : Изд-во иностр. лит., 1962. – 504 с.
2. Metallurgia / Л. М. Летюк [и др.]. – М. : Metallurgia, 1994. – 416 с.
3. Крупичка, С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов : в 2 т. / С. Крупичка. – М. : Мир, 1976. – Т. 2. – 504 с.
4. High Energy Ferrite Magnets / H. Taguchi [et al.] // 7-th International Conf. on Ferrites, Bordeaux, 3–6 Sept. 1996. – Bordeaux, France – P. 3–4.
5. Obara, J. Magnetic properties of anisotropic sintered magnets using Sr–La–Co system powders by mechanical compounding method / J. Obara, H. Yamamoto // J. of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. – 2000. – Vol. 47, № 7. – P. 796–800.
6. Кристаллическая структура и магнитные свойства высококоэрцитивных твердых растворов $\text{Sr}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ / Д. Д. Польшко [и др.] // Неорган. материалы. – 2011. – Т. 47, № 1. – С. 81–86.
7. Кристаллическая структура, магнитные, электрические свойства и тепловое расширение ферритов системы $\text{Sr}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0-0,5$) / У. Цзэ [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 3, Химия и технология неорган. веществ. – 2013. – С. 49–54.
8. ICDD JCPDS № 84-1531.
9. Кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства ферритов $\text{Sr}_{0,75-3x/4}\text{Ca}_{0,25-x/4}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$, $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ / Л. А. Башкиров [и др.] // Свиридовские чтения : сб. ст. / Т. Н. Воробьева (отв. ред.) [и др.] – Минск : БГУ, 2008. – Вып. 4. – С. 100–106.

[К содержанию](#)

УДК 504.054:576.353

А. Н. ТАРАСЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СТАДИЙ МИТОЗА КЛЕТОК КОРНЕВОЙ МЕРИСТЕМЫ ГОРОХА

Соединения тяжелых металлов являются одними из самых распространенных и опасных загрязнителей окружающей среды [1]. В силу высокой токсичности, подвижности и способности к биоаккумуляции такие соединения представляют угрозу не только для человека, но и для всего живого на планете [2]. Накапливаясь в растениях, тяжелые металлы приводят к угнетению различных физиологических процессов и, как следствие, – к существенному снижению урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости их к действию неблагоприятных факторов среды и болезням [3]. В связи с этим исследования влияния соединений тяжелых металлов на растительный организм являются актуальными и имеют большое практическое значение.

Важнейшим проявлением токсичности соединений тяжелых металлов в отношении растений является торможение роста. Одним из механизмов такого торможения является снижение интенсивности клеточных делений, уменьшение числа делящихся клеток, изменение продолжительности отдельных фаз митоза [3]. В то же время влияние соединений тяжелых металлов на митоз растительных клеток изучено недостаточно, что обуславливает необходимость проведения исследований в данной области. Результаты таких исследований открывают широкие возможности регулирования процессов роста и органогенеза растений в целом и, в конечном итоге, их продуктивности в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на агроценозы [4].

Целью данного исследования является оценка влияния соединений тяжелых металлов – нитратов свинца и кадмия – на относительную продолжительность стадий митоза клеток корневой меристемы гороха.

Для проведения лабораторных экспериментов использовали семена гороха посевного сорта Саламанка. Экспериментальные воздействия осуществляли путем замачивания семян в течение пяти часов в растворах нитратов свинца ($Pb(NO_3)_2$) и кадмия ($Cd(NO_3)_2 \times 4H_2O$) с концентрациями 1ПДК, 10ПДК, 100ПДК и 1000ПДК (ПДК – предельно допустимая концентрация ионов Pb^{2+} и Cd^{2+} , поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека, составляет для Pb^{2+} – 0,1 мг/л, для Cd^{2+} – 0,01 мг/л [5]).

Предварительно замоченные в растворах соответствующих концентраций нитратов свинца и кадмия семена гороха проращивали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге, смоченной этими же растворами, в термостате при температуре 20 °С, согласно ГОСТ 12038-84 [6]. В контроле семена замачивали в воде. В каждом из вариантов опыта проращивали по 30 семян. По достижении корешками длины 1,5–2 см, примерно через 2–3 суток после начала проращивания, их фиксировали в свежеприготовленном спиртукусном (3 : 1) фиксаторе в количестве не менее 20 корешков на вариант опыта. Материал выдерживали в фиксаторе при комнатной температуре в течение 12 часов, затем помещали в холодильник и хранили при температуре 4–5 °С до момента приготовления препаратов.

Цитологические препараты клеток корневой меристемы готовили по стандартной ацетоорсеиновой методике [7]. Анализ препаратов с целью определения относительной продолжительности стадий митоза осуществляли на микроскопе Микмед 5 при увеличении 15 × 40. Для каждого варианта опыта анализировали по 5 корешков. Для этого в трех полях зрения для каждого корешка проводили подсчет числа клеток, находящихся на стадиях профазы (П), метафазы (М), анафазы (А) и телофазы (Т) соответственно. Относительную продолжительность стадий митоза (в %) определяли по формулам, аналогичным формуле для профазы (П) (1) [7]:

$$П = \frac{П}{П+М+А+Т} \cdot 100 \quad (1)$$

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием программы Microsoft Excel. Рассчитывались средние арифметические значения относительной продолжительности стадий митоза и стандартные ошибки средних. Для оценки достоверности различий был использован t-критерий Стьюдента [8]. Полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Как следует из приведенных в таблицах данных, как нитрат свинца, так и нитрат кадмия вызывают определенные изменения относительной продолжительности всех стадий митоза. При действии данных соединений наблюдается устойчивая тенденция к увеличению длительности профазы и телофазы и уменьшению продолжительности метафазы и анафазы. С увеличением концентрации нитратов свинца и ртути эффект усиливается. Так, если при относительно низких концентрациях (1ПДК и 10ПДК) изменения относительной продолжительности стадий митоза по отношению к контролю не являются достоверными, то при более высоких концентрациях (100ПДК и 1000ПДК)

эффекты становятся достоверными. При действии нитрата свинца в концентрации 1000ПДК наблюдается достоверное увеличение продолжительности профазы (при $P \leq 0,05$) и уменьшение продолжительности метафазы (при $P \leq 0,01$). Другие эффекты действия $Pb(NO_3)_2$ не являются достоверными.

Таблица 1 – Влияние нитрата свинца на относительную продолжительность стадий митоза клеток корневой меристемы гороха

Концентрация $Pb(NO_3)_2$	Относительная продолжительность, %			
	профазы	метафазы	анафазы	телофазы
контроль	21,76 ± 1,94	45,84 ± 2,42	13,26 ± 1,47	19,14 ± 1,83
1ПДК	20,09 ± 2,13	46,63 ± 2,73	12,68 ± 1,53	20,60 ± 1,98
10ПДК	23,77 ± 2,74	38,26 ± 2,58	14,94 ± 1,87	23,03 ± 2,25
100ПДК	27,44 ± 3,16	40,95 ± 2,67	10,72 ± 1,76	20,89 ± 2,64
1000ПДК	30,85 ± 3,48*	36,14 ± 2,72**	9,13 ± 1,92	23,88 ± 3,14

Примечание – Отличия от контроля достоверны: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$.

Нитрат кадмия обладает более выраженным действием по сравнению с нитратом свинца. Достоверное увеличение продолжительности профазы и уменьшение – метафазы наблюдается не только при концентрации 1000ПДК, но и при более низкой концентрации 100ПДК. При концентрации $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 1000ПДК также происходит статистически значимое уменьшение продолжительности анафазы (при $P \leq 0,05$) и увеличение – телофазы (при $P \leq 0,01$). Нитрат свинца не вызывает достоверных эффектов в отношении анафазы и телофазы.

Таблица 2 – Влияние нитрата кадмия на относительную продолжительность стадий митоза клеток корневой меристемы гороха

Концентрация $Cd(NO_3)_2 \times 4H_2O$	Относительная продолжительность, %			
	профазы	метафазы	анафазы	телофазы
контроль	21,76 ± 1,94	45,84 ± 2,42	13,26 ± 1,47	19,14 ± 1,83
1ПДК	19,39 ± 1,67	46,23 ± 2,53	14,32 ± 1,36	20,06 ± 1,96
10ПДК	22,44 ± 2,07	43,66 ± 2,37	13,12 ± 1,21	21,08 ± 1,73
100ПДК	28,78 ± 2,13*	37,29 ± 2,16**	11,34 ± 1,18	22,59 ± 1,64
1000ПДК	29,34 ± 2,25**	35,74 ± 1,98**	8,67 ± 1,23*	24,63 ± 1,88*

Примечание – Отличия от контроля достоверны: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$.

Таким образом, при обработке семян гороха растворами нитратов свинца и ртути в диапазоне концентраций 1ПДК–1000ПДК происходит увеличение относительной продолжительности профазы и телофазы и уменьшение относительной продолжительности метафазы и анафазы. Возможно, данные соединения оказывают ингибирующее влияние на процессы конденсации – деконденсации хроматина, происходящие в профазе и телофазе, что приводит к увеличению длительности этих стадий митоза. Основные события метафазы и анафазы – выстраивание хромосом в экваториальной плоскости клетки и последующее их расхождение к полюсам – протекают при участии микротрубочек веретена деления. В связи с этим уменьшение продолжительности метафазы и анафазы может быть обусловлено влиянием нитратов свинца и кадмия на процессы полимеризации – деполимеризации микротрубочек веретена деления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев, И. Ф. Тяжелые металлы в экосистемах / И. Ф. Медведев, С. С. Дерягин. – Саратов : Ракурс, 2017. – 178 с.
2. Казнина, Н. М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства *Poaceae* к тяжелым металлам : дис. ... д-ра биол. наук : 03.01.05 / Н. М. Казнина. – Петрозаводск, 2005. – 385 л.
3. Серегин, И. В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 4. – С. 606–630.
4. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Карел. науч. центр РАН, 2014. – 194 с.
5. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Г. В. Венецианов [и др.] ; под. ред. Е. А. Заика. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. – 252 с.
6. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартиформ, 2011. – 29 с.
7. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Агропромиздат, 1988. – 271 с.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 504.31

В. М. ТАРАСЮК, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ОКСИДА УГЛЕРОДА (II)
И ОКСИДА СЕРЫ (IV) ФИЛИАЛАМИ РУП «БРЕСТЭНЕРГО»
ЗА ПЕРИОД 2020–2022 ГГ.**

С развитием научно-технического прогресса, бурным ростом объемов производства и его отходов проблемы взаимоотношения между природой и обществом все более обостряются. Серьезно нарушенное состояние природной среды уже оценивается специалистами как критическое [1]. Состояние окружающей среды является одним из основных параметров, которые характеризуют уровень и качество жизни населения. Ежегодно открываются новые предприятия. Они выбрасывают в окружающую среду большое количество загрязняющих веществ. Одним из факторов риска для здоровья, связанных с окружающей средой, является загрязнение атмосферного воздуха. Атмосферный воздух нуждается в постоянном мониторинге и контроле над состоянием и составом.

Целью работы является проведение экологического мониторинга и выявление динамики выбросов оксида углерода (II) и оксида серы (IV) филиалами предприятия РУП «Брестэнерго» за период 2020–2022 гг.

РУП «Брестэнерго» было создано в мае 1954 г. В настоящий момент «Брестэнерго» – это сложный технологический комплекс, включающий электростанции, котельные, электрические и тепловые сети. РУП «Брестэнерго» обеспечивает производство, передачу, распределение и реализацию электрической и тепловой энергии [2].

В качестве объектов выбраны филиалы РУП «Брестэнерго»: Барановичские тепловые сети (Барановичская ТЭЦ, далее – БарТЭЦ), Брестские тепловые сети (Брестская ТЭЦ, далее – БрТЭЦ), Пинские тепловые сети (Пинская ТЭЦ, далее – ПинТЭЦ; Лунинецкая ТЭЦ, далее – ЛунТЭЦ).

В качестве материалов исследования использовались данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, предоставленные филиалами РУП «Брестэнерго» за период 2020–2022 гг., а также литературные источники и нормативные документы, находящиеся в открытом доступе. В качестве методов исследования применялась статистическая обработка данных.

Диоксид серы, сернистый ангидрид (SO_2) – бесцветный газ с характерным резким запахом, 3-го класса опасности. Содержится

в выбросах предприятий черной и цветной металлургии, пищевой и бумажной промышленности, а также предприятий теплоэнергетики – тепловых электростанций. Воздействие диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимых может приводить к развитию различных болезней дыхательных путей. Воздействие SO_2 на почву снижает ее плодородность. В присутствии диоксида серы ускоряется коррозия металлов [3].

Данные по количеству выбросов SO_2 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество выбросов оксида серы (IV) за период 2020–2022 гг. (т/год)

Год	БарТЭЦ	БрТЭЦ	ПинТЭЦ	ЛунТЭЦ
2020	0,08121	3,129	14,232	14,290
2021	–	1,869	8,742	3,777
2022	1,650	2,588	11,682	8,804

В период 2020–2021 гг. количество выбросов значительно уменьшается, в период 2021–2022 гг. – скачкообразно увеличивается. В 2021 г. на БарТЭЦ выбросы SO_2 не наблюдались, валовые выбросы увеличились в период с 2020 по 2022 гг. на 193,177 %. На БрТЭЦ количество выбросов сначала уменьшается на 40,268 %, затем увеличивается на 38,470 %. На ПинТЭЦ сначала происходит уменьшение выбросов на 38,575 %, затем последующее увеличение на 33,631 %. Более скачкообразные изменения наблюдаются на ЛунТЭЦ: уменьшение выбросов на 73,569 %, увеличение на 133,095 %.

Анализ выбросов оксида серы (IV) данных филиалов предприятия показал следующие результаты (рисунок 1).

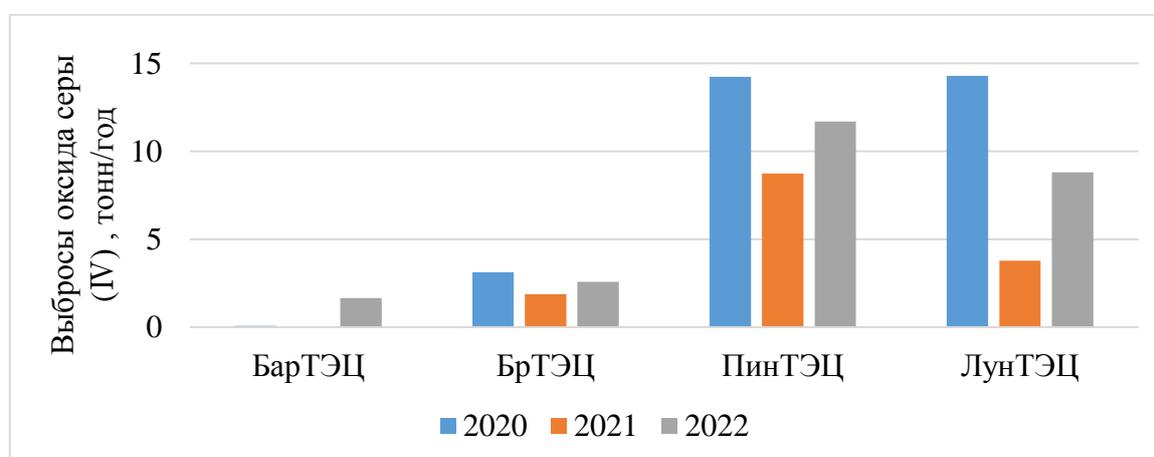


Рисунок 1 – Количество выбросов оксида серы (IV) исследуемых филиалов предприятия за период 2020–2022 гг.

Сравнение количества выбросов оксида серы (IV) позволило сделать следующие выводы: наименьшие выбросы наблюдаются на БарТЭЦ, наибольшие – на ПинТЭЦ, более резкие изменения выбросов отмечены на ЛунТЭЦ.

Оксид углерода (II), угарный газ (CO) – бесцветный газ, не имеющий запаха, 4-го класса опасности. CO образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива (угля, газа, нефти) в условиях недостатка кислорода и при низкой температуре. 65 % всех выбросов оксида углерода приходится на транспорт, 21 % – на мелких потребителей и бытовой сектор, а 14 % – на промышленность. При вдыхании угарный газ образует прочные комплексные соединения с гемоглобином крови человека и тем самым блокирует поступление кислорода в кровь. Это вызывает головные боли, тошноту, а при более высокой концентрации – смерть [3].

Данные по количеству выбросов CO представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Выбросы оксида углерода (II) за период 2020–2022 гг. (т/год)

Год	БарТЭЦ	БрТЭЦ	ПинТЭЦ	ЛунТЭЦ
2020	27,210	22,352	215,560	165,586
2021	25,000	40,803	156,096	262,006
2022	18,379	47,019	146,565	296,915

Сравнение количества выбросов оксида углерода (II) за исследуемый период позволило получить следующие результаты (рисунок 2).

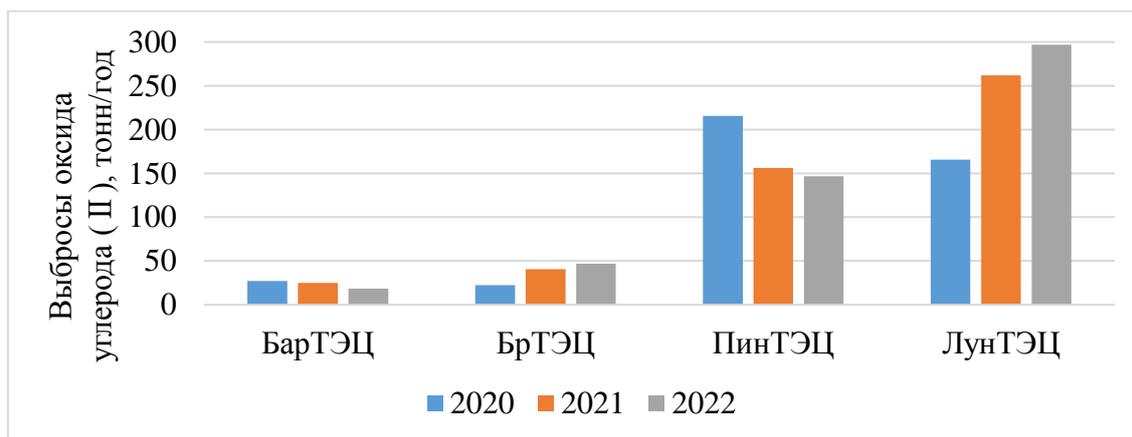


Рисунок 2 – Количество выбросов оксида углерода (II) исследуемых филиалов предприятия за период 2020–2022 гг.

В период 2020–2022 гг. на БарТЭЦ наблюдается постепенное уменьшение количества выбросов CO, в среднем на 17,303 % (с 2020

по 2021 г. – на 8,122 %, с 2021 по 2022 г. – 26, 484 %). За тот же исследуемый период на БрТЭЦ отмечается постепенное увеличение выбросов СО, в среднем на 48,891 % (с 2020 по 2021 г. – на 82,547 %, с 2021 по 2022 г. – 15,234 %). Количество выбросов угарного газа на ПинТЭЦ ежегодно уменьшается в среднем на 16,846 % (с 2020 по 2021 г. – на 27,586 %, с 2021 по 2022 г. – 5,991 %). Следует отметить постепенное увеличение количества выбросов СО на ЛунТЭЦ, в среднем на 35,777 % (с 2020 по 2021 г. – на 58,229 %, с 2021 по 2022 г. – 13,324 %).

Сравнение количества выбросов оксида углерода (II) за период 2020–2022 гг. позволяет сделать выводы: наименьшее количество выбросов наблюдается на БарТЭЦ, наибольшее – на ЛунТЭЦ. На БарТЭЦ и ПинТЭЦ происходит сокращение выбросов, на БрТЭЦ и ЛунТЭЦ – увеличение.

Обработка и анализ представленной информации по выбросам оксида серы (II) и оксида углерода (IV) филиалами РУП «Брестэнерго» за период 2020–2022 гг. позволяют сделать следующие выводы:

1. Наблюдается общая закономерность изменения количества выбросов оксида серы (IV): в период 2020–2021 гг. количество выбросов уменьшается, в период 2021–2022 гг. – увеличивается.

2. Изменение количества выбросов оксида углерода (II) не позволяет выявить общей закономерности: на БарТЭЦ и ПинТЭЦ происходит постепенное уменьшение количества выбросов, на БрТЭЦ и ЛунТЭЦ – постепенное увеличение.

3. Количество выбросов в атмосферу оксида серы (IV) и оксида углерода (II) за период 2020–2022 гг. не превышает установленные нормы. Таким образом, работа исследуемых филиалов предприятия РУП «Брестэнерго» не представляет опасности для жизни и здоровья людей, а также губительно не влияет на состояние атмосферного воздуха в районе расположения подразделений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мукминов, М. Н. Основы экологии и природопользования : учеб. пособие по курсу «Экология» для студентов гуманитар. специальностей / М. Н. Мукминов, Э. А. Шуралев, О. Р. Бадрутдинов. – Казань : Казан. ун-т, 2017. – 146 с.

2. Брестэнерго [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.brestenergo.by/>. – Дата доступа: 20.01.2023.

3. Основные загрязнители атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://monitoring.meteo.uz/ru/menu/osnovnyezagrjazniteli-atmosfernogo-vozduha>. – Дата доступа: 20.01.2023.

[К содержанию](#)

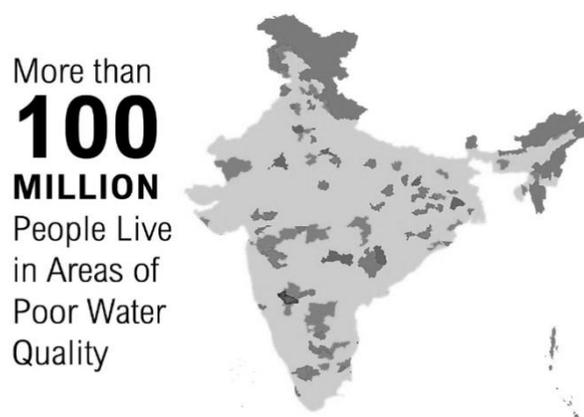
УДК 546.26-162:62

H. S. TASHLIYEVA, E. A. DOVRANOVA

Turkmenistan, Ashgabat, ETUT named after Oguz han

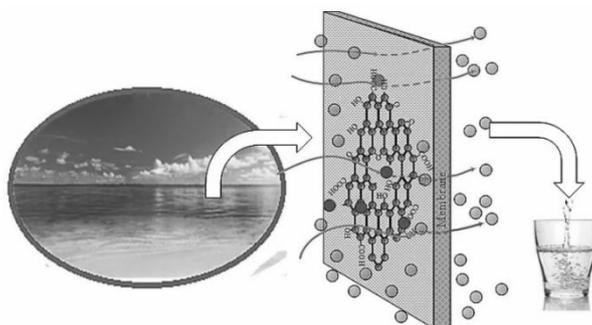
**INNOVATIVE TECHNOLOGY OF OBTAINING WATER
FILTER MEMBRANE INTEGRATED WITH GRAPHENE OXIDE**

Every year more than 800 000 people die due to water scarcity. According to UNO statistics 2 billion people in the world suffer from water scarcity (picture 1). In order to find a solution to that problems, this issue was included in SDG as a goal 6 «Clean water and sanitation» [1].



Picture 1 – Worldwide water scarcity

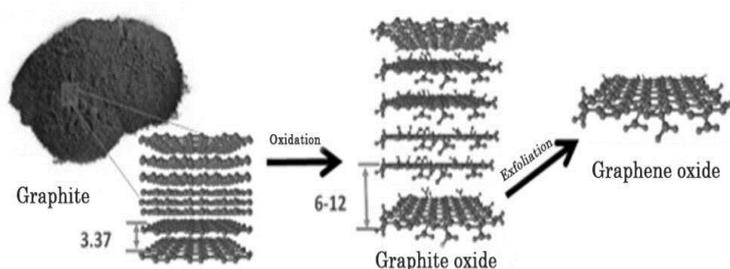
Graphene oxide (GO) membranes have shown a great potential for desalination and water purification (picture 2).



Picture 2 – Water filter membrane

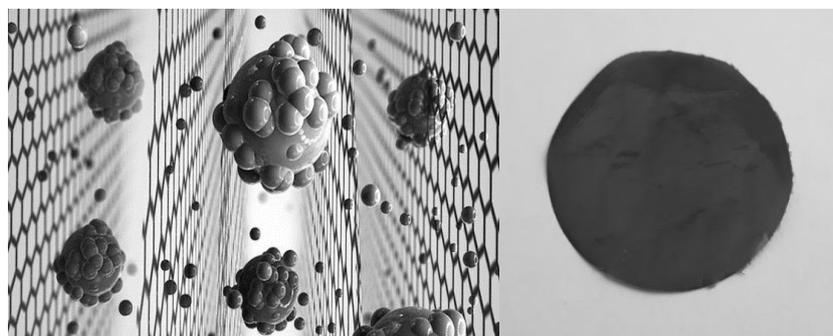
Graphene oxide (GO), a novel two-dimensional (2D) carbon-based material, has attracted a lot of attention recently with regard to the fabrication of water nanofiltration membranes; this is because of its excellent mechanical

properties, atomically thin thickness, excellent dispersion in water, and ease of forming high-quality lamellar structures with sub-nanometer nanochannels [1-5]. Various solution-based deposition methods using water as an environmentally friendly solvent, have been used for depositing small-area GO membranes on porous substrates for water purification studies [2]. Graphene oxide (GO) is a layered material composed of graphene planes randomly decorated by oxygen-containing groups – carbonyl, hydroxyl, epoxy, carboxyl, etc. (picture 3) [3].



Picture 3 – Graphene oxide structure

Membranes formed from graphene oxide flakes possess selective permeability for polar liquids, hydrated ions, and gases. Targeting higher water permeance, ultrathin GO membranes have been prepared and investigated for water purification (picture 4).



Picture 4 – GO water filter membrane

GO nanosheets are typically prepared based on the Hummers, Brodie, or Staudenmaier method or various modifications of these methods. The oxidative treatment of graphene creates hydrophilic hydroxyl, carboxyl, and epoxide groups on its surface. Recently, a modified Hummers' method developed by Marcano et al. has become another popular route, and this method provides a larger number of hydrophilic oxidized graphene sheets than the original method. Although the degree of oxidation cannot be precisely controlled via these preparation methods, the properties of the resulting GO-incorporated

membranes are generally improved. GO plays an important role in the preparation of functionalized graphene–polymer membranes and is believed to be the most cost-effective functionalized graphene for the industrial and commercial uses of these membranes [4].

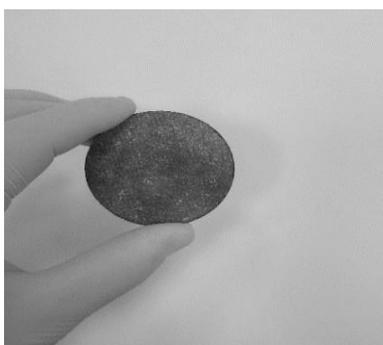
There are several methods of obtaining graphene oxide (GO) that are different from each other according to the oxidizing agent and acidic nature.

- Brodie (KClO_3 , HNO_3);
- Staudenmeir (KClO_3 , H_2SO_4 , HNO_3);
- Hummer's and Hoffman's (KMnO_4 , H_2SO_4);
- Improved Hummer's (KMnO_4 , H_2SO_4 , H_3PO_4);
- Modified Hummer's (KMnO_4 , H_2SO_4 , NaNO_3) [5].

The method that was used in this experiment includes the KMnO_4 as an oxidizing agent and H_2SO_4 , H_3PO_4 as an acidic nature. The material that was used as a raw material is graphite. The ratio of an oxidizing agent, acids and graphite is 5 : 10 : 1 respectively. Sonication was used in order to get a reduced graphene oxide.

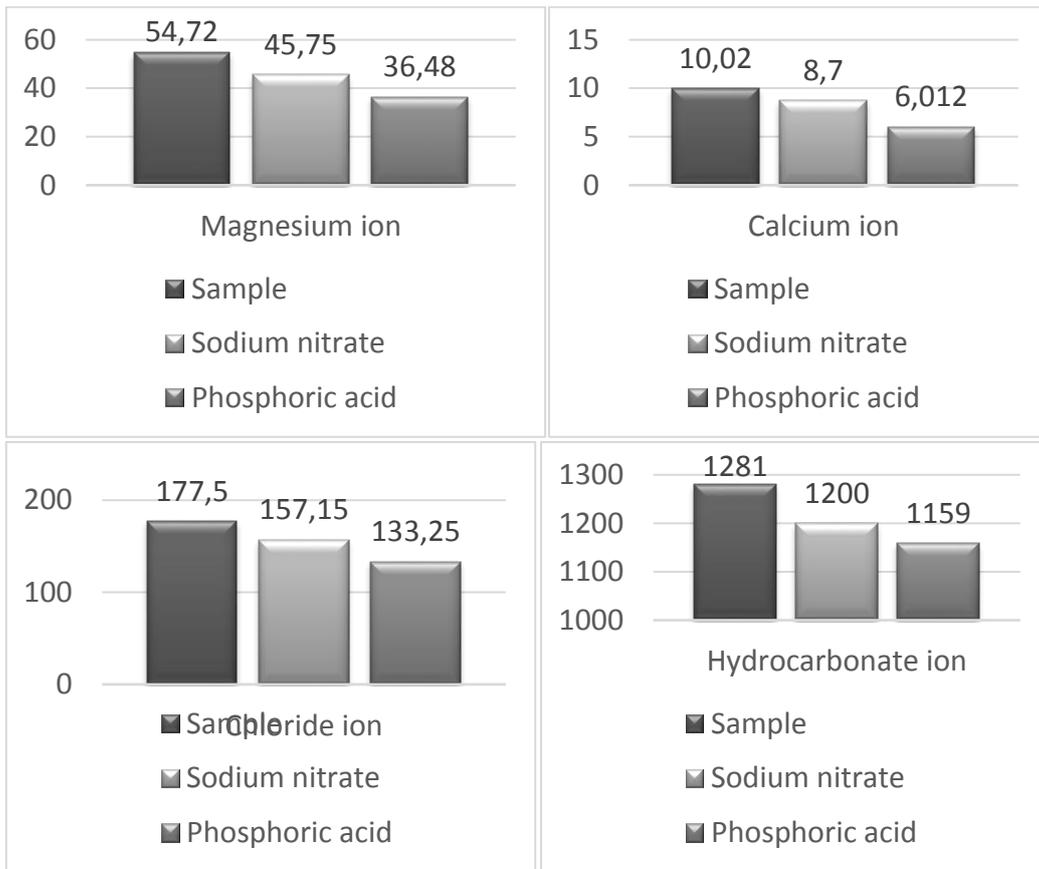
Graphene oxide (GO) has emerged as an excellent membrane material. The ease in making atomically thin GO layers in the form of membrane provides an edge over other membranes for their practical applications. Graphene, in general, does not allow anything to pass through. Graphene oxide (GO) is continuously demonstrating its excellent membrane characteristics and offer huge potential for real applications.

In this experiment the graphene oxide (GO) membrane was obtained by pressurization method (picture 5). In order to make the graphene oxide easier to pressurize the coconut oil was used as a joining material.

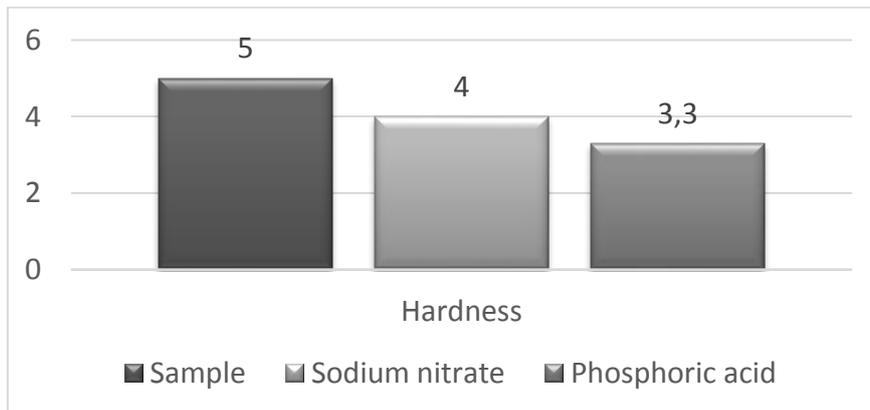


Picture 5 – Graphene oxide (GO) membrane based water filter

Graphene oxide (GO) membrane based water filter was analyzed in laboratory conditions and showed water purification function is shown in Picture 6 and Picture 7.



Picture 6 – Concentration of ions (in mg\L)



Picture 7 – Hardness of water

REFERENCES

1. Highly stable graphene-oxide-based membranes with superior permeability // Khalid Hussain Thebo^{1,2}, Xitang Qian^{1,3}, Qing Zhang^{1,3}, Long Chen^{1,2}, Hui-Ming Cheng^{1,4} & Wencai Ren¹.
2. Graphene Oxide: A Novel 2-Dimensional Material in Membrane Separation for Water Purification / Mahdi Fathizadeh [et al.].

3. Printing Ultrathin Graphene Oxide Nanofiltration Membranes for Water Purification / Mahdi Fathizadeh [et al.].

4. Review. Graphene oxide: the new membrane material / R. K. Joshia [et al.].

5. Graphene Oxide: A Novel 2-Dimensional Material in Membrane Separation for Water Purification / [et al.].

[К содержанию](#)

УДК 72.025.4(476.7)

Э. А. ТУР, Е. Ю. РУСАК

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА
«КОСТЕЛ СВЯТОЙ ТЕРЕЗЫ» В Г. ЩУЧИНЕ ГРОДНЕНСКОЙ
ОБЛАСТИ КАК ОБЪЕКТА ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Костел Святой Терезы в г. Щучине Гродненской области является одним из значимых недвижимых объектов историко-культурного наследия Гродненской области [1]. Католическая община была создана в Щучине в 1436 г. В 1718 г. был основан монастырь ордена пиаристов. Современное здание костела Святой Терезы было построено при этом монастыре. Строительство шло в 1826–1829 гг. После польского восстания 1830 г. большинство католических монастырей на территории современной Беларуси было закрыто, в том числе и монастырь пиаристов в Щучине. Костел Святой Терезы стал исполнять роль приходского католического храма. В 1927 г., когда Щучин входил в состав Польши, монастырь и община пиаристов были восстановлены и функционировали до Второй мировой войны. В 1954 г. костел Святой Терезы был закрыт. В 1988 г. он был возвращен Католической церкви, а в 1989 г. отреставрирован. В плане храм представляет собой латинский крест, средокрестие которого расширено и переходит в восьмигранный барабан под куполом. В архитектуре костела преобладают черты классицизма. Главный фасад решен четырехколонным портиком дорического ордера. В храме представлено довольно редкое сочетание монументальных форм и деревянных элементов (башенка над входом, фонарь купола).

3 февраля 2017 г. вступил в силу Кодекс Республики Беларусь о культуре, которым регулируются вопросы охраны историко-культурного и археологического наследия Республики Беларусь [2]. Кодексом установлена процедура, после выполнения которой разрешается производить *работы на историко-культурной ценности*. В составе научно-проектной

документации разрабатывается раздел «Комплексные научные изыскания», который состоит из фотофиксации, обмеров, исторических, археологических и химико-физических исследований. Обязательное проведение химико-физических исследований помогает принять правильные проектные решения по применению отделочных материалов на историко-культурных ценностях и соответственно большей долговечности проведенных работ.

Ремонтно-реставрационные работы, как правило, начинаются с комплексного технического обследования зданий. При проведении обследования очень часто выясняется, что кроме реставрации самого фасада здания необходимо выполнить комплекс работ по усилению фундамента и устройству гидроизоляции в подвальных помещениях, по устранению причин капиллярного подсоса влаги в ограждающие конструкции здания или сооружения [3–5].

Сотрудниками Брестского государственного технического университета были проведены комплексные научные исследования костела Святой Терезы. Исследовались штукатурные известково-песчаные и известково-цементно-песчаные растворы согласно известным методикам [3–6]. Соответствующие растворы очень близки по соотношению компонентов и составу, а также по гранулометрическому составу заполнителя (таблица). Аутентичные штукатурные растворы отличаются более высоким содержанием вяжущего (извести).

Минеральный состав заполнителя, известково-песчаных, и известково-цементно-песчаных растворов – полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. Во многих известково-песчаных растворах отмечены отдельные вкрапления извести размером 1–2 мм. Значения рН водных вытяжек растворов – без особенностей (в пределах нормы).

Цвета лакокрасочных покрытий и окрасочных составов указаны по каталогу 3D plus System компании CAPAROL. Цвет покрытия определяли путем визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской [3; 4; 6]. Для устранения метамерии определение цвета проводили при рассеянном естественном освещении.

Таблица – Основные штукатурные растворы

№ п/п	Описание штукатурного раствора
1	Известково-песчаный раствор желтовато-песочного цвета состава с количественным соотношением компонентов 1:3,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм – 45 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – 28 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 25 %. Содержание фракции с размером частиц более 1 мм составило 2 %. Отмечены включения извести размером от 1–2 мм до 2–3 мм

Продолжение таблицы

2	Известково-песчаный раствор желтовато-песочного цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм – 48 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – 29 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – 22 %. Содержание фракции с размером частиц более 1 мм составило 1 %. Отмечены включения извести размером 1–2 мм
3	Известково-цементно-песчаный раствор серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 1 : 4. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило – 46 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – 27 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – 25 %. Содержание фракции с размером частиц более 1 мм составило 2 %

Лицевая поверхность основной плоскости стены главного, бокового и дворового фасадов окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Hell-Weif. Отмечено очень сильное меление состава.

Первоначально основная плоскость стены главного фасада (за исключением части в осях 2–3), дворового фасада (за исключением части в осях 3–2) и боковых фасадов была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weib. Первоначально основная плоскость стены главного фасада под куполом в осях 5–6 была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weib. Первоначально часть основной плоскости стены главного фасада в осях 2–3 и часть основной плоскости дворового фасада в осях 3–2 (зеркальное отражение) была окрашена составом светло-серого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Oase 30.

Здание многократно перекрашивалось составами на минеральной основе, самые последние ремонты также были выполнены окрасочными составами на минеральной основе. Первоначальные штукатурные работы производились известково-песчаными составами (без цемента). Следует отметить, что нижележащие окрасочные слои не удалялись должным образом, поэтому образцы с плоскости стен фасадов напоминают «слоеный пирог». Первоначально здание было оштукатурено известково-песчаными растворами и окрашено минеральными составами.

Ранние исследования показывают, что до проведения основных ремонтно-реставрационных работ следует уделить внимание ремонту кровли, водосточных систем, а также работам по гидроизоляции здания [7; 8]. Все применяемые материалы для ремонта фасадов и внутренних стен должны быть совместимы с сохраняемыми материалами по своим

физико-механическим характеристикам, работать с ними в единой системе, не провоцируя появления и развития дефектов [9].

Научный подход к вопросам реставрации памятников культуры в Республике Беларусь позволяет сохранить историко-культурное наследие нашей страны. Сохранение историко-культурного наследия нашей страны является обязательной функцией современного государства и составляет одно из направлений его политики в сфере культуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь / склад. В. Я. Абламскі, І. М. Чарняўскі, Ю. А. Барысюк. – Мінск : БелТА, 2009. – 684 с.

2. Кодэкс Рэспублікі Беларусь аб культуры : 20 ліп. 2016 г. № 413-З : прыняты Палатай прадстаўнікоў 24 чэрв. 2016 г. : адобр. Саветам Рэсп. 30 чэрв. 2016 г. – Мінск : Нац. цэнтр прававой інфарм. Рэсп. Беларусь, 2016. – 272 с.

3. Никитин, М. К. Химия в реставрации : справ. пособие / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – Л. : Химия, 1990. – 304 с.

4. Пруцын, О. И. Реставрация и реконструкция архитектурного наследия. Теоретические и методические основы реставрации исторического и архитектурного наследия / О. И. Пруцын. – М. : Акад. реставрации, 1996. – 91 с.

5. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйнт-Медиа, 2006. – 320 с.

6. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке ; пер. с англ. под ред. Л. Н. Машляковского. – М. : Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.

7. Тур, Э. А. Исследование минеральных материалов, использованных при постройке дворцового комплекса Сапегов в Ружанах / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2014. – № 1. – С. 88–91.

8. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э. А. Тур [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2020. – № 1. – С. 147–152.

9. Свято-Рождества-Богородицкая церковь-крепость оборонительного типа в д. Мурованка Гродненской области как объект историко-культурного наследия Республики Беларусь / Э. А. Тур [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Техн. науки (стр-во, машиностроение, геоэкология), экон. науки. – 2023. – № 2. – С. 32–38.

[К содержанию](#)

УДК 72.025.4(476.7)

Э. А. ТУР, Е. Ю. РУСАК, Д. Н. НЕНАДИК

Беларусь, Брест, БрГТУ

КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ОБЪЕКТА – ЦЕРКОВЬ СВЯТИТЕЛЯ НИКОЛАЯ ЧУДОТВОРЦА В Г. ВОЛКОВЫСКЕ

Научный подход к вопросам реставрации памятников культуры в Республике Беларусь в настоящее время позволяет сохранить историко-культурное наследие нашей страны. Реставрация объекта, представляющего историко-культурную ценность, должна опираться на многосторонние комплексные исследования.

Цель данных исследований – составить представление о материалах, использованных при возведении здания, наметить необходимые технические меры для обеспечения длительной сохранности его конструкций, разработать технологические рекомендации и подобрать новые материалы для ремонтно-реставрационных работ.

Храм Святителя Николая Чудотворца в г. Волковыске Гродненской области – православный храм, памятник архитектуры позднего классицизма с элементами русского стиля. Церковь Святителя Николая Чудотворца построена в 1874 г. из кирпича в центре города. В 1919 г. церковь была обращена в гарнизонный костел. В годы Великой Отечественной войны храм сначала использовался в качестве казармы, оборудованной внутри многоярусными деревянными нарами, а затем в качестве военного склада. Лишь в 1941 г. церковь была возвращена православным верующим и повторно освящена 12 июля 1942 г. В годы церковных гонений храм не закрывался.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 2 августа 2016 г. № 607 Свято-Николаевская церковь в Волковыске внесена в Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь как историко-культурная ценность регионального значения [1]. Основные особенности архитектуры – восьмигранный основной объем с прямоугольной апсидой и притвором. На главном фасаде – двухъярусная башня-колокольня, первый ее ярус прямоугольный в плане, второй – восьмигранный, накрытый шатром. Главный вход выделен килевидным фронтоном. Основной объем имеет полуциркульные окна с килевидными сандриками, притвор и апсида – прямоугольные с наличниками, завершены широким карнизом и фризом с арочным поясом. Центральная грань апсиды фланкирована пилястрами, завершена треугольным фронтоном

и декорирована арочной нишей в центре. В храме деревянный двухъярусный иконостас, декорирован накладной резьбой, покрыт позолотой.

Комплексные лабораторные исследования отобранных образцов (фрагментов фасадов, штукатурки) включают в себя: изучение химического состава раствора с определением процентного соотношения основных компонентов (вяжущего и заполнителя); гранулометрический анализ заполнителя, выявляющий путем просеивания сквозь серию сит с разными ячейками распределение заполнителя минерального строительного раствора по фракциям; петрографический анализ – изучение под микроскопом шлифов раствора и других материалов [2–5].

Целью настоящей работы является проведение физико-химических исследований образцов строительных растворов и окрасочных составов, отобранных с внутренних и наружных поверхностей стен церкви Святителя Николая Чудотворца. На исследования были представлены штукатурные известково-песчаные растворы. Соответствующие растворы практически не отличаются соотношением компонентов и составом. Ряд растворов кардинально отличается по гранулометрическому составу наполнителя (кварцевого песка) и соотношению компонентов раствора. Описание основных аутентичных известково-песчаных штукатурных растворов представлено в таблице.

Таблица – Основные аутентичные штукатурные растворы

№ п/п	Описание штукатурного раствора
1	Известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 2,8–1 : 3. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 46 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 38 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 15,5 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 0,5 %. Фракция с размером частиц более 2 мм отсутствует. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок
2	Известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3–1 : 3,2. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) и мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 44 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 42 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 12 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 1 %, фракции с размером частиц более 2 мм – около 1 %. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок

Продолжение таблицы

3	Известково-песчаный раствор светлого желтовато-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3,7–1 : 4. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 39 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 47 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 13 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 0,9 %, фракции с размером частиц более 2 мм – около 0,1 %. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. рН водной вытяжки около 8,26. Отмечены мелкие вкрапления извести размером 1–2 мм и высокая прочность штукатурного состава
4	Известково-песчаный раствор светлого желтовато-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3–1 : 3,2. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 41 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 47%, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 11 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 0,9 %, фракции с размером частиц более 2 мм – около 0,1 %. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок
5	Известково-песчаный раствор светлого желтовато-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3,5–1 : 3,6. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 40 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 52 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 7,7 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 0,3 %, фракции с размером частиц более 2 мм – отсутствует. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. Отмечены многочисленные мелкие вкрапления извести размером 1–2 мм
6	Известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) и мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 41 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 42 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 15 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 1 %, фракции с размером частиц более 2 мм – около 1 %. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок
7	Известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 4–1 : 4,5. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм)

Окончание таблицы

	и крупной (размер зерна 1,0–0,5 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 36 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 23 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 33 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 3 %, фракции с размером частиц более 2 мм – около 5 %. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. Отмечены многочисленные включения извести размером около 1 мм
8	Известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3,5–1 : 3,7. В качестве заполнителя использовался разнотельный песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) и мелкой (размер зерна 0,25–0,125 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 47,5 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 46 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 6 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 0,5 %. Фракция с размером частиц более 2 мм отсутствует. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. Состав рассыпается при малейшей нагрузке, отсутствует связь между структурными элементами раствора. Отмечены многочисленные вкрапления извести размером от 1–2 мм до 5–6 мм

Цвета лакокрасочных покрытий и окрасочных составов указаны по каталогу 3D plus System компании CAPAROL. Цвет покрытия определяли путем визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской [3–5]. Для устранения метамерии определение цвета проводили при рассеянном естественном освещении.

Первоначально плоскость стены внутри здания на отметке +9.500 (возле колокола) была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weib. Первоначально плоскость стены внутри здания у оконного проема на отметке +7.700 была окрашена составом светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Palazzo 240. Первоначально основная плоскость стены северного фасада и декоративный элемент были окрашены составом светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Palazzo 240. Первоначально откос окна на северном фасаде был окрашен составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weib. Первоначально декоративный элемент на восточном фасаде был окрашен составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weib. Первоначально основная плоскость стены внутри здания на отметке +0.900 – алтарь – была окрашена составом светло-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Palazzo 240. Первоначально основная плоскость стены внутри здания на отметке

+0.900 – горнее место алтаря – была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß.

Здание не оштукатуривалось вторично в процессе эксплуатации. На всех образцах хорошо сохранились аутентичные штукатурные известково-песчаные составы. Некоторые стены однократно перетирались известково-песчаным составом.

В различные периоды времени здание внутри и снаружи многократно перекрашивалось составами как на минеральной основе, так и масляными красками (внутри) и составами на основе полимерного пленкообразующего вещества. Некоторые отобранные пробы представляли собой «слоеный пирог» из окрасочных составов.

Окрасочные работы в раннее время производились составами на минеральной основе, а в позднее время – составами на минеральной основе, масляными красками и составами на основе полимерного пленкообразующего вещества. Нижележащие слои на представленных образцах не удалялись должным образом. Первоначально здание было оштукатурено известково-песчаными растворами и окрашено минеральными составами.

При проведении ремонтных работ особое внимание следует уделить ремонту кровли и водосточных систем. Практика показывает, что здания часто подвергаются разрушению вследствие неправильной работы водостоков, неправильного устройства кровли, а также износу или поломке водосточных систем (т. е. дождевая вода практически стекает по наружной стене). Наружная стена, в том числе цоколь здания, постоянно влажная, осенью и весной, при достаточно низких плюсовых температурах в течение светового дня не высыхает. Деструкция подвергается не только штукатурный, но и окрасочный состав [3; 6; 7].

Многие десятилетия из-за отсутствия средств реставрация зданий в большинстве случаев сводилась лишь к легкому косметическому ремонту. Неоднократные ремонты привели к образованию многослойного «пирога» из цементной, известковой штукатурки и различных по качеству других отделочных материалов. Однако, не устранив первопричину, невозможно приостановить процессы разрушения отделки здания [5].

При реставрации объектов культурного наследия, в особенности при финишном окрашивании, необходимо учитывать две противоположные тенденции. С одной стороны, памятник культуры нужно рассматривать как исторический документ и наследие прошлых веков, с другой, необходимо обновить и вернуть объект к состоянию, которое он имел в исторический момент, не переходя за грань фальсификации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь / склад. В. Я. Абламскі, І. М. Чарняўскі, Ю. А. Барысюк. – Мінск : БелТА, 2009. – 684 с.
2. Никитин, М. К. Химия в реставрации : справ. пособие / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – Л. : Химия, 1990. – 304 с.
3. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйт-Медиа, 2006. – 320 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке ; пер. с англ. под ред. Л. Н. Машляковского. – М. : Пэйт-Медиа, 2004. – 548 с.
5. Куртуков, В. А. Об особенностях выбора строительных материалов для реставрации объектов историко-культурного наследия // Вестн. ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 66–69.
6. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э. А. Тур [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2020. – № 1. – С. 147–152.
7. Свято-Рождества-Богородицкая церковь-крепость оборонительного типа в д. Мурованка Гродненской области как объект историко-культурного наследия Республики Беларусь / Э. А. Тур [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Техн. науки (стр-во, машиностроение, геоэкология), экон. науки. – 2023. – № 2. – С. 32–38.

[К содержанию](#)

УДК 546.171.5+547.512+547.772.2+004.942

Д. И. ФРАНТОВ¹, И. В. МИНЕЕВА^{1,2}

¹Беларусь, Минск, БГУ

²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

**СИНТЕЗ НОВЫХ N-ЗАМЕЩЕННЫХ 2-ПИРАЗОЛИНОВ
С ЦИКЛОПРОПАН СОДЕРЖАЩИМ ФРАГМЕНТОМ
И РАСЧЕТ ИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ *IN SILICO***

Гетероциклические соединения встречаются во всех организмах и выполняют важнейшие функции. Они входят в состав ДНК, РНК, белков, полисахаридов, коферментов, витаминов, гормонов, алкалоидов и других биологически активных молекул. Значительная доля современных лекарственных препаратов содержит в своей структуре гетероциклические фрагменты [1].

В литературе сообщается о наличии у N-ацетилпиразолинов потенциальных антипролиферативных свойств – способности препятствовать делению клеток, которое может применяться для создания противораковых препаратов [3; 4], а также о наличии антибактериальных свойств [5].

Наиболее отмеченным свойством, вероятно, является способность селективно ингибировать моноаминоксидазу (MAO) А и В типов [6–8]. Моноаминоксидаза – это фермент из класса оксидаз, локализованный на митохондриях и встречающийся у всех млекопитающих. Он способствует поддержанию оптимальной концентрации моноаминов, которые главным образом сосредоточены в нервной ткани. К таким молекулам в первую очередь относятся гормоны и нейромедиаторы. Реакция, катализируемая MAO, описывается схемой (рисунок 3) [9]:

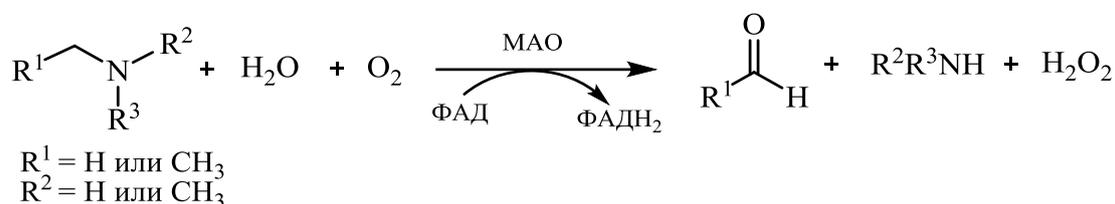


Рисунок 3 – Схема реакции, катализируемой MAO

Повышение активности MAO способствует избыточному появлению пероксида водорода в организме, который способен образовывать свободные радикалы и приводить к нежелательным клеточным повреждениям – окислительному стрессу. Направленное ингибирование MAO применяется при лечении неврологических и психических заболеваний.

Была замечена способность ингибировать фермент ксантиноксидазу, избыточная активность которого наблюдается при подагре [10].

Аналогично были синтезированы N-формилпиразолины, но выходы продуктов реакции оказались неудовлетворительными (рисунок 4).

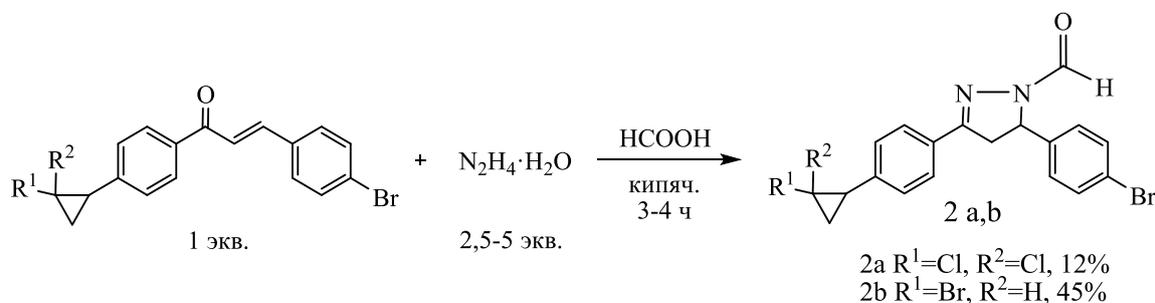


Рисунок 4 – Схема реакции и выходы продуктов

Для всех полученных веществ выполнены расчеты *in silico* потенциальных биологических свойств на платформе PassOnline (таблица).

Таблица – Рассчитанные биосвойства соединений 1a–1f, 2a,b

Соединение	Pa	Pi	Свойство
1a	0,962	0,000	Стимулятор липопротеинлипазы
	0,674	0,004	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,618	0,042	Ингибитор 5-O-(4-кумароил)-D-квинат 3'-монооксигеназы
	0,499	0,018	Лечение атеросклероза
	0,533	0,055	Антидискинетик
1b	0,952	0,001	Стимулятор липопротеинлипазы
	0,694	0,004	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,433	0,009	Противоопухолевый (немелкоклеточный рак легкого)
	0,431	0,030	Лечение атеросклероза
	0,479	0,094	Ингибитор 5-O-(4-кумароил)-D-квинат 3'-монооксигеназы
1c	0,944	0,001	Стимулятор липопротеинлипазы
	0,672	0,004	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,529	0,100	Ингибитор сахаропепсина
	0,529	0,100	Ингибитор акроцилиндропепсина
	0,455	0,100	Ингибитор химозина
1d	0,667	0,004	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,532	0,070	Ингибитор 5-O-(4-кумароил)-D-квинат 3'-монооксигеназы
	0,439	0,009	Противоопухолевый (немелкоклеточный рак легкого)
	0,405	0,100	Антидискинетик
	0,282	0,029	Антимитотик
1e	0,685	0,004	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,415	0,010	Противоопухолевый (немелкоклеточный рак легкого)
	0,313	0,003	Антагонист кинезина
	0,313	0,003	Ингибитор кинезиноподобного белка 1
	0,427	0,123	Ингибитор 5-O-(4-кумароил)-D-квинат 3'-монооксигеназы
1f	0,666	0,004	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,491	0,055	Ингибитор глюкоан эндо-1,6-β-глюкозидазы
	0,442	0,034	Субстрат UGT2B12
	0,394	0,012	Противоопухолевый (немелкоклеточный рак легкого)
	0,486	0,119	Ингибитор акроцилиндропепсина
2a	0,959	0,000	Стимулятор липопротеинлипазы
	0,551	0,007	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,431	0,030	Лечение атеросклероза
	0,485	0,091	Ингибитор 5-O-(4-кумароил)-D-квинат 3'-монооксигеназы
	0,397	0,055	Усилитель экспрессии HMGCS2

Продолжение таблицы

2b	0,536	0,008	Ингибитор PfA-M1 аминопептидазы
	0,433	0,120	Ингибитор 5-O-(4-кумароил)-D-квинат 3'-монооксигеназы
	0,369	0,066	Усилитель экспрессии HMGCS2
	0,311	0,032	Противоопухолевый алкалоид
	0,252	0,005	Ингибитор фосфодиэстеразы IV

Наиболее перспективное из предсказанных свойств – стимулирование липопротеинлипазы – фермента, расщепляющего триглицериды в липопротеинах. Как недостаток, так и избыток этого фермента вызывает метаболические осложнения в организме и заболевания сердечно-сосудистой системы [11].

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ (№ ГР 20211462, 20212310), проекта БРФФИ (№ ГР 20231239) и ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия», задание «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия 2.2.9 «Синтез новых полифункциональных молекул на основе дигидропиридинов и дигидропиримидинонов (тионов) и оценка их потенциальной биологической активности».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Broughton, H. B. Selection of heterocycles for drug design / H. B. Broughton, I. A. Watson // J. Mol. Graph. – 2005. – Vol. 23. – P. 51–58.
2. Распространенные природные халконы / Г. О. Исмаилова [и др.] // Альм. соврем. науки и образования. – 2016. – № 10. – С. 36–45.
3. Design, synthesis, and biological evaluation of novel pyrazole, oxazole, and pyridine derivatives as potential anticancer agents using mixed chalcone / H. A. Marwa [et al.] // J. Het. Chem. – 2018. – Vol. 56, № 1. – P. 114–123.
4. Synthesis, biological evaluation, 3D-QSAR studies of novel aryl-2H-pyrazole derivatives as telomerase inhibitors / Y. Luo [et al.] // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2013. – Vol. 23, № 4. – P. 1091–1095.
5. Design, synthesis, and structure-activity relationships of pyrazole derivatives as potential FabH inhibitors / P.-C. Lv [et al.] // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2010. – Vol. 20, № 15. – P. 4657–4660.
6. Synthesis and molecular modelling of novel substituted-4,5-dihydro-(1h)-pyrazole derivatives as potent and highly selective monoamine oxidase-A inhibitors / F. Chimenti [et al.] // Chem. Biol. Drug Des. – 2006. – Vol. 67, № 3. – P. 206–214.

7. Design, synthesis, docking studies and monoamine oxidase inhibition of a small library of 1-acetyl- and 1-thiocarbamoyl-3,5-diphenyl-4,5-dihydro-(1H)-pyrazoles / P. Guglielmi [et al.] // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24, № 3. – 484 p.

8. Evaluation of nitrocatechol chalcone and pyrazoline derivatives as inhibitors of catechol-O-methyltransferase and monoamine oxidase / R. Hitge [et al.] // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2020. – Vol. 30, № 12. – P. 127–188.

9. Berry, M. D. The functional role of monoamine oxidases A and B in the mammalian central nervous system / M. D. Berry, A. V. Juorio, I. A. Paterson // *Prog. Neurobiology*. – 1994. – Vol. 42. – P. 375–391.

10. A rational approach for the design and synthesis of 1-acetyl-3,5-diaryl-4,5-dihydro(1H)pyrazoles as a new class of potential non-purine xanthine oxidase inhibitors / K. Nepali [et al.] // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2011. – Vol. 19, № 6. – P. 1950–1958.

11. Lipoprotein lipase: from gene to atherosclerosis / Y. Li [et al.] // *Atherosclerosis*. – 2014. – Vol. 237, № 2. – P. 597–608.

[К содержанию](#)

УДК 66.074.912

Я. ХОММАДОВ, Г. А. ШУКУРОВА

Туркменистан, Туркменабад, ТГПИ имени С. Сейди

ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ ОКСИДА КРЕМНИЯ (IV) ИОНИЗАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Сохранение чистоты воздуха является одним из основных вопросов науки при современном уровне развития промышленности.

Основными причинами изменения состава атмосферного воздуха являются природные катастрофы и хозяйственная деятельность человека. В деятельности большинства современных предприятий и применяемых в них технологических процессах потребляется кислород воздуха и выбрасывается пыль, вредные газы и органические вещества. По прогнозам статистических отчетов министерств охраны окружающей среды промышленные выбросы увеличиваются в среднем на 2–5 % в год.

Известно, что городской воздух сильно отличается от степного и пустынного воздуха. Причина этого – выбросы автотранспорта, котельных и промышленных предприятий. Транспортные средства, котельные и промышленные предприятия выбрасывают стандартный набор газов: сернистый газ SO₂, оксиды азота NO и NO₂, угарный газ CO,

углекислый газ CO_2 , формальдегид НСОН и сажу. По данным Министерства охраны окружающей среды Туркменистана содержание сернистого газа SO_2 в атмосфере г. Туркменабада иногда достигает до 5 % и превышает ПДК (0,02 мг/л) в четыре раза [1].

Промышленные предприятия также выделяют много пыли, состоящей из оксидов железа, кальция, магния и кремния. Эти соединения снижают прозрачность атмосферы, дают на 50 % больше туманов, на 10 % больше осадков, на 30 % сокращают солнечную радиацию. Тепловое воздействие увеличивает температуру в городе на 3–5 градусов. В результате изменения климата в Туркменистане увеличивается число пыльных дней в году без осадков.

Попадание в организм человека избыточного количества аморфного оксида кремния (IV) более предельно допустимой концентрации (ПДК) является причиной быстрого его старения, накопления в различных органах выделительной системы каменных (силикатных) отложений и других заболеваний. ПДК оксида кремния (IV) в составе питьевой воды составляет 10 мг/л, а ПДК оксида кремния (IV) (кремнезема) в обогащенном кислородом состоянии в воздухе равно $0,05 \text{ мг/м}^3$ [2].

Пыль кристаллического оксида кремния (IV) является канцерогенным веществом и вызывает трудноизлечимую болезнь – силикоз. Причина возникновения канцерогенной пыли кристаллического оксида кремния (IV) была открыта учеными Физического института имени П. Н. Лебедева РАН и учеными Московского физико-технического института в 2016 г. Причина заключается в том, что кристаллический оксид кремния (IV) в воздухе находится в обогащенном кислородом состоянии (Si_7O_{19}) (рисунок 1).

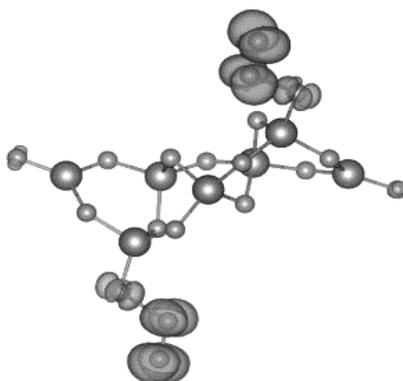


Рисунок 1 – Строение обогащенного кислородом оксида кремния (IV) Si_7O_{19}

При вдыхании пыльного воздуха, как правило, мелкие частицы пыли улавливаются ресницами, слизистой оболочкой носа, а крупные частицы под воздействием гравитационных сил задерживаются в верхних дыхательных путях. Частицы пыли среднего размера доходят до легких при вдыхании пыльного воздуха.

В данной работе мы попытались создать установку, способную улавливать частицы оксида кремния (IV) различными способами, и таким образом создавать фильтр бытового назначения для улучшения условий жизни и сохранения здоровья людей.

Благодаря разработке различных фильтров, увлажнителей и ионизаторов появилась возможность улучшения микроклимата в помещении. Специалисты классифицируют помощников по улучшению качества воздуха на бытовые и промышленные. Они отличаются многими параметрами: габаритами, мощностью, производительностью и другими показателями. По типу доставки ионов очистители-ионизаторы воздуха разделяются на пассивные и активные. По виду вырабатываемых ионов ионизаторы делятся на два вида: униполярные, биполярные.

С обогащением аэроионами воздуха появилась возможность предупреждения некоторых заболеваний: бронхит, ринит, ларингит, астма, туберкулез (начальная стадия), аллергия и т. д.

Ионизатор полезен при плохом самочувствии и устраняет усталость и слабость. Отмечается и другое позитивное влияние ионизатора на организм:

- повышение работоспособности и возможность выдерживать большие нагрузки; снижение риска развития инфаркта, инсульта;
- нормализация дыхательного обмена;
- укрепление иммунитета;
- снижения риска распространения инфекций и т. п.

Предлагаемый нами ионизатор относится к биполярным ионизаторам. Он генерирует два вида заряженных ионов (положительные и отрицательные). На расстоянии 1 м от предлагаемого ионизатора, в 1 см³ воздуха содержится 15 000 ионов/см³. Напряжение на излучателе ионизатора равно 25 кВ. Работа ионизатора регулируется специальным реле. Вес ионизатора составляет 4 кг. Размер прибора 70 × 50 × 40 см³. Этот параметр имеет большое значение, поскольку расстояние между излучателем и местом вывода сетевого провода должно быть не менее 20 см. В противном случае напряжение на излучателе будет слишком низким, что не позволит прибору эффективно вырабатывать ионы. Это означает, что такой ионизатор будет бесполезен. По этой причине, рекомендуется, чтобы размер ионизатора был не меньше 30–35 см.

Разработанный нами ионизатор воздуха способен обслуживать площадь до 50 м². Среди дополнительных возможностей этого прибора стоит отметить увлажнение воздуха и ароматерапию. Уровень шума – всего 35–50 дБ. При этом расход воды для увлажнения воздуха составляет 50 мл/час. В приборе имеется еще и режим «вентиляции», а также индикатор, который значительно упрощает использование прибора.

Ионизатор оснащен УФ-лампой, которая встроена в прибор. Такая система позволяет не только ионизировать окружающий воздух, но и параллельно стерилизовать его, предупреждает распространение инфекционных заболеваний. Схема ионизатора изображена на рисунке 2.

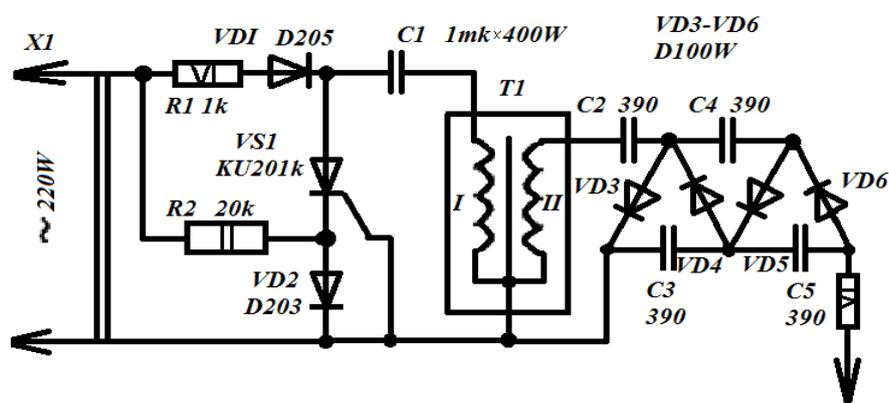


Рисунок 2 – Схема ионизатора

Таким образом, ионизатор одновременно решает сразу несколько задач: увлажняет, обеззараживает и очищает воздух, обогащая его ионами.

Ионизатор, изготовленный нами, устанавливается у окна жилых домов и административных зданий. Он не только очищает воздух от пыли, но и способствует укреплению здоровья людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состояние окружающей среды Туркменистана. – Ашхабад : М-во охраны природы Туркменистана, 2008. – 230 с.
2. Фридрихсберг, Д. А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсберг. – Л. : Химия, 1984. – 302 с.
3. Лакшин, А. М. Методика применения высокоионизированного воздуха отрицательной полярности для стимуляции работоспособности и улучшения функционального состояния врачей-стоматологов / А. М. Лакшин, Г. Н. Панникова. – М. : МГМСУ, 2003. – 23 с.

[К содержанию](#)

УДК 547-326

SH. T. SHIRGULYYEVA, G. D. CHARYYEVA

Turkmenistan, Ashgabat, ETUT named after Oguz han

POSSIBILITIES TO OBTAIN EMULSIFIERS BASED ON RAW MATERIALS

An emulsion is a mixture of two or more liquids that are normally immiscible (unmixable or unblendable) owing to liquid-liquid phase separation. Emulsions are part of a more general class of two-phase systems of matter called colloids. Although the terms colloid and emulsion are sometimes used interchangeably, emulsion should be used when both phases, dispersed and continuous, are liquids. In an emulsion, one liquid (the dispersed phase) is dispersed in the other (the continuous phase). Examples of emulsions include vinaigrettes, homogenized milk, liquid biomolecular condensates, and some cutting fluids for metal working.

Two liquids can form different types of emulsions. As an example, oil and water can form, first, an oil-in-water emulsion, in which the oil is the dispersed phase, and water is the continuous phase. Second, they can form a water-in-oil emulsion, in which water is the dispersed phase and oil is the continuous phase. Multiple emulsions are also possible, including a “water-in-oil-in-water” emulsion and an “oil-in-water-in-oil” emulsion.

An emulsifier is a substance that stabilizes an emulsion by reducing the oil-water interface tension. Emulsifiers are a part of a broader group of compounds known as surfactants, or “surface-active agents”. Surfactants are compounds that are typically amphiphilic, meaning they have a polar or hydrophilic (i.e., water-soluble) part and a non-polar (i.e., hydrophobic or lipophilic) part. Emulsifiers that are more soluble in water (and, conversely, less soluble in oil) will generally form oil-in-water emulsions, while emulsifiers that are more soluble in oil will form water-in-oil emulsions [1].

A number of different chemical and physical processes and mechanisms can be involved in the process of emulsification:

Surface tension theory – according to this theory, emulsification takes place by reduction of interfacial tension between two phases.

Repulsion theory – According to this theory, the emulsifier creates a film over one phase that forms globules, which repel each other. This repulsive force causes them to remain suspended in the dispersion medium.

Viscosity modification – emulgents like acacia and tragacanth, which are hydrocolloids, as well as PEG (polyethylene glycol), glycerine, and other polymers like CMC (carboxymethyl cellulose), all increase the viscosity of the

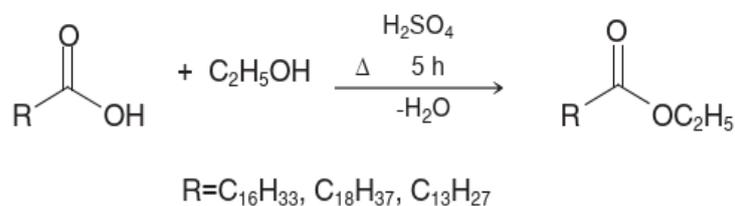
medium, which helps create and maintain the suspension of globules of dispersed phase.

In scientific work, the use of fatty acids, which are industrial residues removed at the last stage of the cottonseed oil extraction process, during processing and production of reverse emulsifiers.

Stearic acid is a representative of saturated fatty acids with the chemical formula $C_{17}H_{35}COOH$ and consists of 18 carbon chains. It is a white crystalline substance, insoluble in water, but soluble in diethyl ether.

Stearic acid was dissolved in ethanol. Solution was placed in a round bottom flask. Concentrated sulfuric acid was pipetted into solution. Sulfuric acid is involved as a catalyst. This reaction is generally called an esterification reaction. The reaction is reversible. Therefore, another important aspect of sulfuric acid in this reaction is its ability to absorb water, as H_2O molecules are formed during the reaction. The reaction is reversible due to the formation of water. Sulfuric acid is important in reversible process.

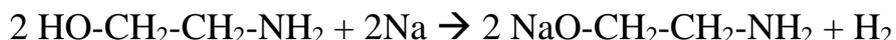
Reflux condenser was attached to mixture in a round-bottom flask and was placed in a water bath. Then solution was heated in a water bath for 5 hours. According to the literature, the esterification reaction of fatty acids should be carried out at the boiling temperature of the solvent. The molecules of ethyl alcohol evaporate, their energy increases and their reactivity increases. After the reaction, the flask was allowed to cool to room temperature. As a result, two layers was formed in the flask: organic and inorganic. The top layer is a yellow oil liquid and the bottom layer is a colorless liquid. If the organic layer contains stearic acid ethyl ester and excess ethyl alcohol, the inorganic layer contains water and sulfuric acid by writing the reaction equation. Stearic acid ethyl ester and water are formed by the reaction. An excess of ethanol and sulfuric acid, the catalyst, remain. The general equation for the reaction is written as follows.



After the flask was cooled to room temperature, was removed the mixture from the flask. Extraction and filtration techniques were used to obtain pure ether. Then mixture was washed with distilled water to remove sulfuric acid. Separatory funnel was used when washing with distilled water and after each washing the pH of the mixture was measured using a pH meter. The solution was washed several times with distilled water until the pH of the mixture was equal to 7. When $\text{pH} = 7$, the mixture is completely free of sulfuric acid.

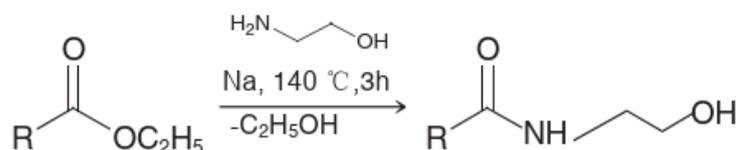
Absorbents were used to remove excess water. To do this, a small amount of MgSO_4 was taken and was put in solution and was stirred until crystals form. Then the crystals were removed from the solution.

First, a solution of monoethanolamine was prepared containing 5 % sodium alcoholate. For this, 15,5 mL of monoethanolamine was measured in a measuring cylinder. Then 0.08g of sodium metal was dropped into it. Sodium is a very active metal with a silvery-white color. As a result, the following reaction proceeds with the release of hydrogen [3].



The reaction is slow. The flask should be shaken until all the sodium metal has reacted, and the process should be carried out under a fume hood.

At the end of the reaction, a sample of this solution was taken and poured the round-bottom flask the base into a round tube. Then stearic acid ethyl ester was put in a flask filled with monoethanolamine. The flask was then gently heated for 30–40 min until all the ethanol evaporated. After the ethanol had evaporated, round-bottom flask was connected to reflux condenser and was placed in a glycerin bath. It was heated for 3 hours. The reaction proceeds as follows [2].



Reverse emulsion emulsifiers are widely used in the food industry and in the production of cosmetics. In the food industry, it is mainly used in ice creams and margarine, and in cosmetics it is used to make lotions and different types of creams.

REFERENCES

1. Cassidy, L. Emulsions: Making oil and water mix. – Режим доступа: <https://www.aocs.org/stay-informed/inform-magazine/featured-articles/emulsions-making-oil-and-water-mix-april-2014>.
2. Kolancilar, H. Preparation of Laurel Oil alkanolamide from Laurel Oil / H. Kolancilar // J. am. Oil Chem. soc. – 2004. – Vol. 81, № 6. – P. 597–598.
3. Titse, L. Preparative Organic chemistry. Reactions and syntheses in organic chemistry practical work and research laboratory / L. Titse, T. Ayher. – M. : Mir Publ., 1999. – 704 p.

[К содержанию](#)

УДК 579.26

Н. В. ШКУРАТОВА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ МЕМБРАН
МИКРООРГАНИЗМОВ К ДЕЙСТВИЮ
АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Как научный, так и образовательный процесс в настоящее время все больше приобретает междисциплинарный характер. Современные исследования механизмов формирования адаптационного потенциала различных микроорганизмов охватывают широкий спектр естественно-научных методов. В рамках образовательного процесса возможность продемонстрировать обучающимся междисциплинарный подход и осветить актуальные аспекты изучения микроорганизмов возможно на примере микроорганизмов, обитающих в экстремальных условиях среды.

Экстремофильные микроорганизмы демонстрируют возможность существования жизни в условиях, выходящих за пределы антропогенного понимания «нормы», тем самым расширяя представление о возможностях клеточной формы жизни [1]. Установление механизмов, обеспечивающих активное существование экстремофильных микроорганизмов при «запредельных» значениях тех или иных показателей абиотических факторов среды, препятствующих в норме росту подавляющего большинства микроорганизмов, является актуальной задачей. В связи с этим в последние десятилетия появилось много исследований о возможности существования микроорганизмов в экстремальных условиях, в том числе работы, связанные с изучением биохимических модификаций и физиологических изменений, происходящих в бактериальной клетке [2]. В связи с тем, что пребывание микробиоты в экстремальных условиях способствует проявлению у нее уникальных особенностей, большое внимание стало уделяться вопросам возможности управления адаптационным потенциалом микроорганизмов для последующего практического использования в медицине, биотехнологии, сельском хозяйстве [1; 3].

Адаптации к экстремальным условиям проявляются на клеточном, биохимическом и генетическом уровнях и обеспечиваются множеством молекулярных механизмов, а потому не могут быть объяснены только каким-нибудь одним свойством организма. Современная мембранология установила значительное влияние на функции живой клетки фазового состояния мембранных липидов, обеспечивающих поддержание ключевых

функций мембран. Поэтому одной из важных характеристик в структуре клеток экстремофилов являются модификации клеточных мембран [4].

Цитоплазматическая мембрана представляет собой обязательный структурный элемент клетки в виде так называемого белково-липидного комплекса, имеющего бислойную конфигурацию. Главным липидным комплексом бактериальных мембран являются фосфолипиды, основные из которых фосфатидилглицерин и кардиолипин. Набор фосфолипидов у прокариот достаточно разнообразен и родо-, видоспецифичен. Из других липидов в мембранах бактерий широко представлены гликолипиды [5].

Жирнокислотный состав липидов эубактерий изменяется в зависимости от условий роста и так же является индивидуальным свойством определенных таксонов бактерий [3]. Доказано, что устойчивость к высоким температурам у эубактерий достигается возрастанием содержания насыщенных жирных кислот в липидах мембран, имеющих более высокую точку плавления по сравнению с ненасыщенными. Поэтому в липидах мембран термофилов значительно возрастает содержание насыщенных жирных кислот. Высказано предположение, что нижняя температурная граница роста термофилов определяется температурой плавления мембранных липидов, которые способствуют термостабильности мембран [6].

Текучесть мембраны зависит от степени ненасыщенности жирных кислот мембранных фосфолипидов, а также от соотношения стерины – фосфолипиды, снижение которого способствует увеличению текучести мембран [4]. В мембранах психрофильных микроорганизмов содержится большее количество ненасыщенных жирных кислот, поэтому при низких температурах поддерживается полужидкое состояние мембраны [6]. Кроме того, психрофилы могут иметь более крупные группы липидов, повышенное содержание белка и неполярные каротиноидные пигменты в своих мембранах для повышения текучести и сохранения функциональности в холодных условиях. У некоторых психрофилов обнаружены липиды с полиненасыщенными жирными кислотами и длинноцепочечными углеводородами, которые дополнительно способствуют текучести мембран.

Баротолерантные и барофильные бактерии обычно психрофильны, так как температура в глубинах океана низкая. Повышение давления, так же как и понижение температуры, снижает текучесть липидного бислоя мембран. Текучесть мембран у глубоководных микроорганизмов-барофилов в условиях высокого давления обеспечивают либо специфические полиненасыщенные жирные кислоты (например, эйкозапентаеновая, докозапентаеновая), либо повышенное содержание C_{16} -мононенасыщенных жирных кислот в составе липидов. Состав жирных кислот в мембранных

барофилов способен изменяться в зависимости от величины гидростатического давления, действующего на клетки [6].

Наиболее многочисленной группой экстремофильных микроорганизмов являются археобактерии, которые впервые стали известны в 1977 г. благодаря работам американских ученых К. Везе и Г. Фокса. Ведущую роль в выделении археобактерий в самостоятельную группу сыграло установление уникальных последовательностей нуклеотидов в 16S рРНК. Дальнейшее изучение археобактерий позволило выявить другие уникальные свойства этой группы прокариот, в том числе в составе мембран. Если в клетках эубактерий и эукариот липиды мембран представлены сложными эфирами глицерина и жирных кислот, то в мембранах археобактерий липиды представлены либо простыми эфирами глицерина и дигидро-фитола (C_{20} -спирт), либо бифитанильными глицериновыми эфирами. Во втором случае липиды образуются путем конденсации двух остатков глицерина и двух одинаковых цепей терпеноидных C_{40} -спиртов. В этом случае мембрана представляет собой единый липидный слой [1; 7].

В липидах мембран экстремально галофильных архей молекула глицерина связана с C_{20} -терпеноидным спиртом фитанолом. Содержание фосфолипидных и гликолипидных производных глицеринового диэфира могут достигать до 80 % общего содержания липидов в клетках. Мембраны клеток экстремальных галофилов содержат много каротиноидных пигментов, обеспечивающих протекторную функцию в условиях высокой освещенности [1].

Мембраны экстремально ацидофильных архей представлены монослоем, образованным преимущественно из тетраэфира глицеролдиалкилглицерина. Наличие циклопентановых колец и многочисленных метильных групп делает мембраны архей менее проницаемыми для протонов. У алкалофилов фосфолипидный бислой клеточной мембраны сохраняется, а ее модификации связаны с содержанием повышенного уровня нейтрального липида сквалена и полярного липида кардиолипина. Сквален в сочетании с циклопропановыми жирными кислотами участвует в поддержании структуры клеточной мембраны и может предотвратить утечку протонов. Отрицательный заряд кардиолипина удерживает протоны рядом с мембраной и не позволяет им рассеиваться [1].

Таким образом, включение в содержание учебных дисциплин, изучающих микроорганизмы, аспектов экологии различных групп прокариот требует на сегодня применения в образовательном процессе междисциплинарного подхода с привлечением данных цитологии, биохимии, физиологии, биофизики и других наук естественного цикла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биология экстремофильных микроорганизмов : электрон. учеб.-метод. комплекс / сост. В. Е. Мямин. – Минск : БГУ, 2022. – 72 с.
2. Русакова, Д. А. Ферментативная адаптация психрофильных микроорганизмов к факторам окружающей среды / Д. А. Русакова, М. Л. Сидоренко // Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания : тез. докл. Второй Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Иркутск, Байкал, 28 февр. – 6 марта 2022 г. / СИФИБР СО РАН ; отв. ред. Ю. А. Маркова. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022. – С. 81–83.
3. Громов, Б. В. Экология бактерий / Б. В. Громов, Г. В. Павленко. – Л. : ЛГУ, 1989. – 248 с.
4. Роль мембранных липидов и осмолитов в адаптации психротолерантного мицелиального гриба *Mucor sp.* / О. А. Данилова [и др.] // Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания : тез. докл. Второй Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Иркутск, Байкал, 28 февр. – 6 марта 2022 г. / СИФИБР СО РАН ; отв. ред. Ю. А. Маркова. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022 – С. 35–37.
5. Гусев, М. В. Микробиология / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
6. Сахно, О. Н. Экология микроорганизмов : учеб. пособие : в 3 ч. / О. Н. Сахно, Т. А. Трифонова. – Владимир : Изд-во Владим. ун-та, 2009. – Ч. 2. – 52 с.
7. Лысак, В. В. Систематика микроорганизмов : учеб. пособие / В. В. Лысак, О. В. Фомина. – Минск : БГУ, 2014. – 304 с.

[К содержанию](#)

УДК 547.022

M. H. ESENOVA

Turkmenistan, Ashgabat, ETUT named after Oguz han

ADSORPTION PROPERTIES OF METAL-ORGANIC FRAME WORK STRUCTURE OF MOF-5

The development of a new class of highly ordered hybrid structures - metal organic frameworks (MOF-5) – is the next stage in the development of research related to the creation of zeolite-like materials. MOF- 5 are crystalline nanoporous coordination polymers, the structure of which is formed by metal ions connected by polydentate organic bridging ligands (linkers) into a three-

dimensional framework. Similar to zeolites, the MOF-5 structure can be represented in the form of elementary building blocks units (or building blocks) – modules, at the same time, organic construction the unit is a polydentate ligand or linker, and the inorganic unit is a cluster or metal ion [1].

MOF-5 exhibit unique physical and chemical properties, which include: wide possibilities for varying their chemical composition, flexibility of the metal-organic framework, the possibility of forming the so-called. “intertwined” (such as catenane structures) as well as extremely high porosity and low crystalline density.

The modular or block structure of MOF-5 contributes to the regulation of the spatial structure, as well as the pore geometry and functionality of these materials, through the rational selection of inorganic and organic building units, as well as the way they are connected. For example, depending on the coordination number of the inorganic center (metal ion) and the nature of the organic linker, pores ranging in size from ~ 0.5 to several nanometers can form in MOF-5 matrices.

Due to the properties listed above, metal-organic frameworks attract the attention of researchers as promising materials that can be used for the adsorption/storage and separation of gases, in catalysis, biomedicine, and also for the creation of sensor devices. Of particular interest is further modification of the MOF-5 structure, including their intracrystalline space, for creating new properties or optimizing existing characteristics (catalytic, adsorption, etc.). An illustration of this approach is the introduction of metal nanoparticles into porous MOF-5 matrices to create heterogeneous catalysts [2].

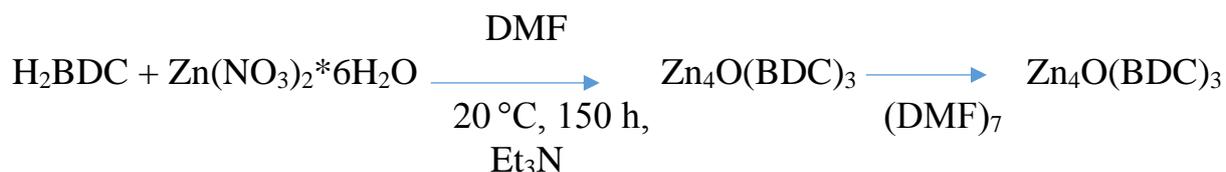
The purpose of this study is the synthesis and assessment of the physicochemical and adsorption properties of metal-organic compound MOF-5, synthesized on the basis of terephthalic acid and zinc.

Preparation of MOF-5 of a known structure for the creation of hybrid functional materials – adsorbents, carriers of heterogeneous catalysts containing metal nanoparticles, and membranes with a mixed matrix. Development of new methods and express methods for obtaining metal-organic frameworks, as well as a comprehensive study of the physicochemical properties of the resulting compounds.

Unlike traditional microporous supports (zeolites) and mesoporous silicates, MOF-5 are synthesized in one step under relatively mild conditions and with high yield (up to 95 %). Typically, synthesis is carried out by precipitation of the product from a solution of the starting reagents. The process of MOF-5 formation is similar to that of organic polymer synthesis, so it is important that the rate of formation of the insoluble product is fast enough to avoid recrystallization.

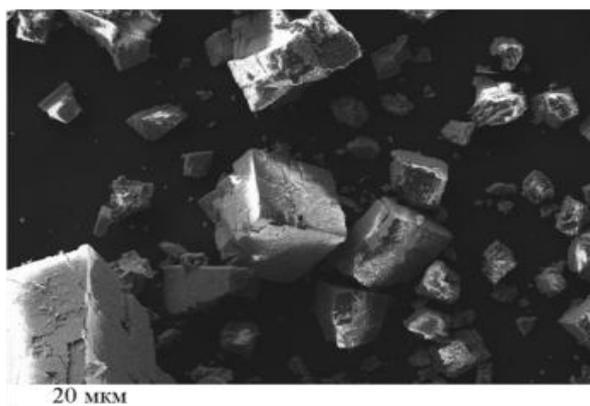
The choice of synthesis strategy depends on the type of framework being formed. So, when preparing carboxylate metal-organic frameworks, the presence of a base, usually an amine, is necessary to deprotonate the organic acid (future organic linker) and initiate the reaction. In this case, it is important to exclude competitive coordination of the base and organic acid.

Methods for synthesizing MOF-5 have in three steps. The earliest of them is the so-called. “slow diffusion” method. A necessary condition for such a synthesis is the high solubility of the components of the reaction mixture. According to this technique, there is a slow diffusion of a volatile amine into a dilute solution of a metal salt and an organic acid at room temperature and atmospheric pressure. The disadvantage of this methods is that the synthesis takes too long time (1–2 weeks). In as a result, large crystals (several hundred micrometers) are formed, which are used mainly for structural studies. However, formed by such Thus, large crystals are generally not suitable for selective separation and catalysis tasks due to difficult mass transfer. Researchers also note the low yield of the target reaction product – a metal-organic framework when using this synthesis method:



Later, the hydro/solvothermal method, widely used for the preparation of zeolites, was used to synthesize MOF-5. This method made it possible to reduce the reaction time to tens of hours (1–3 days). In this case, crystallization of MOF-5 from dilute solutions in polar solvents (DMF, water, acetonitrile) is usually carried out in autoclave at moderate temperature (not higher than 110 °C) [3; 4]. Under solvothermal synthesis conditions, it is possible to overcome the limitations on the solubility of reagents [3].

Sometimes mixed solvents are used to control the polarity of the solution, and also the kinetics of solvent-ligand exchange and the rate of formation of product crystals. As a rule, MOF-5 microcrystallites with a size of ~ 1–10 μm formed when using the solvothermal method, they are more suitable for solving technological problems, since in this case the likelihood of restrictions on mass transfer [5].



Picture 2 – SEM image of MOF-5 crystals (magnification 300)

Conclusions:

- It has been shown that the synthesized metal-organic compounds based on terephthalic acid and ions have the structure of MOF-5.
- In picture shows an image of the synthesized MOF-5 sample obtained by scanning electron microscopy. It's clear that the crystals have a well-defined cubic structure.

REFERENCES

1. Yaghi, O. M. Hydrothermal synthesis of a metal-organic framework containing Large rectangular channels / O. M. Yaghi // *J. Am. Chem. Soc.* – 1995. – Vol. 117, № 41. – P. 10401–10402.
2. Kalsev, W. H. Fundamentals of adsorption technology / W. H Kalsev // *J. Chemistry.* – 1984. – P. 592.
3. Butova, W. W. Metal-organic framework structures: structure, properties, methods of synthesis and analysis / W. W Butova, M. A. Soldatow. – Rostov-on-Don, *Advances in Chemistry.* – 2016. – № 85. – P. 280–307.
4. Imteaz, A. Composites of metal-organic frameworks: preparation and application in absorption / A. Imteaz, S. Y. Jhung // *Materials Today.* – 2014. – Vol. 17, № 3. – P. 136–146.
5. Isaeva, W. I. Hybrid materials based on metal-organic frameworks (MOF) and the study of their catalytic and physico-chemical properties abstract : dis. ... Dr. Chem. Sciences : 02.00.04 / W. I. Isaeva. – Moscow, 2016. – 373 p.

[К содержанию](#)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 372.8:577

Е. Г. АРТЕМУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРЕПОДАВАНИЯ БИОХИМИИ В ВУЗЕ**

В условиях современной глобализации, высокого темпа научно-технического прогресса во всех областях жизни общества система высшего образования претерпевает фундаментальные изменения, которые характеризуются ориентацией на вхождение в мировое информационно-образовательное пространство. В последние годы все чаще поднимается вопрос о применении новых информационных технологий в образовании. Это не только новые технические средства, но и новые формы и методы преподавания, новый подход к процессу обучения.

Широкое использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) открывает для педагога новые возможности в преподавании своего предмета, а также в значительной степени облегчают его работу, повышают эффективность обучения, позволяют улучшить качество преподавания. Внедрение ИКТ в педагогический процесс повышает авторитет педагога в коллективе, так как преподавание ведется на современном, более высоком уровне. Кроме того, растет самооценка самого педагога, развивающего свои профессиональные компетенции.

Процессы информатизации образования, диктуемые объективными социальными причинами, выдвигают новые требования к квалификации современного учителя. Чтобы готовить выпускников, способных в перспективе стать конкурентоспособными специалистами, учитель-практик, помимо предметной и педагогической компетентностей, должен обладать высоким уровнем информационной культуры, ИКТ-компетентности. По сути, он должен являться экспертом в области новых информационных технологий, лидером процесса информатизации образования [1].

Возможности ИКТ сформировали наиболее важное требование работодателя – умение использовать ИКТ в профессиональной деятельности. Это обстоятельство вызывает необходимость освоения информационных и коммуникационных технологий студентами всех направлений и профилей подготовки для решения конкретных практических задач [2]. Специалист любого профиля, использующий в профессиональной

деятельности весь спектр ИКТ, получает неоспоримые преимущества перед теми, кому это недоступно.

На кафедре зоологии, генетики и химии учреждения образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» накоплен опыт применения современных информационных технологий в преподавании дисциплины «Биохимия» как для студентов специальностей «Биология», «Биоэкология», «Биология и химия», так и для студентов специальности «Образование в области физической культуры».

Преподавателями кафедры разработаны мультимедийные презентации, а также электронные учебно-методические комплексы по данной дисциплине. Использование таких презентаций и электронных учебных пособий способствует повышению наглядности и лучшему усвоению изучаемого материала. Мультимедийные презентации позволяют интенсифицировать деятельность преподавателя и обучающегося, изучать явления и процессы в микро- и макромире, проникать внутрь сложных биохимических процессов, происходящих в живом организме. Это важная проблема для преподавания биохимии, поскольку объект ее – молекулы – невозможно увидеть невооруженным глазом. Возможности компьютерной анимации позволяют студенту сформировать наглядный зрительный образ пространственной структуры сложных природных соединений, например, белков и нуклеиновых кислот.

Особенно важно то, что с помощью презентаций можно продемонстрировать студентам биохимический процесс в его временном развитии. Это и метаболические пути, включающие химические превращения органических молекул, и процессы транспорта веществ через мембраны, и движение электронов по цепям тканевого дыхания [3].

При изучении дисциплины «Биохимия» на специальности «Образование в области физической культуры» мультимедийные презентации позволяют студентам продемонстрировать строение мышц, механизм сокращения и расслабления мышц, т. е. как бы заглянуть внутрь мышцы и увидеть, как же устроены и как работают мышцы, изучить сложный механизм сокращения мышц. Использование таких презентаций помогает укрепить фундамент базовых знаний, который в дальнейшем станет основой для понимания более сложных процессов, происходящих в организме человека.

Важным дополнением к лекционному курсу служат лабораторные занятия. Для выработки общих навыков выполнения биохимических экспериментов в практикум включены наиболее наглядные и относительно несложные в выполнении опыты, демонстрирующие химические свойства природных соединений (аминокислот, белков, углеводов, липидов) или имитирующие метаболические процессы (гликолиз, гидролиз крахмала и т. д.).

При организации лабораторных и практических занятий по биохимии компьютер становится эффективным помощником, так как в состоянии заменить основную часть наглядных пособий и моделей (они порой бывают слишком объемными и громоздкими), к тому же количество пособий не всегда достаточно для обеспечения всех студентов. Заметную роль в этой системе занимает применение видеосопровождения, основная функция которого – иллюстративная.

Для организации контроля знаний на занятиях по биохимии большое распространение получило компьютерное тестирование. Тест на компьютере позволяет наиболее быстро и без учета субъективного мнения педагога проверить знания студентов. Компьютерное тестирование является более технологичным по сравнению с бланковым, так как оно позволяет свести к минимуму затраты преподавателя на организацию контроля за счет сокращения времени на проверку работ. Компьютерное тестирование обеспечивает более объективные результаты. Использование компьютерного тестирования для контроля знаний с последующим анализом результатов позволяет не только активизировать работу студентов, но и корректировать содержание занятий, вносить необходимые изменения в методику преподавания.

Таким образом, использование современных информационных технологий при изучении биохимии в вузе позволяет повысить качество усвоения учебного материала, усилить образовательные эффекты, реализовать дифференцированный подход к учащимся с разным уровнем готовности к обучению, интенсифицировать деятельность преподавателя и студента, повысить качество подготовки специалистов путем сочетания традиционных форм обучения и возможностей современных информационных технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клячкина, Н. Л. Информационно-технологическое обеспечение учебного процесса в вузе / Н. Л. Клячкина // Новые информационные технологии в образовании : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 1–4 марта 2011 г. : в 2 ч. / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург, 2011. – Ч. 1. – С 131–134.

2. Кембровская, Н. Г. Использование информационных технологий для повышения качества университетского образования / Н. Г. Кембровская, И. Н. Медведь // Интеллектуальная культура Беларуси: методологический капитал философии и контуры трансдисциплинарного синтеза знания : материалы Третьей междунар. науч. конф., Минск, 15–16 нояб. 2018 г. : в 3 т. / Ин-т философии НАН Беларуси ; редкол.: А. А. Лазаревич (пред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2018. – Т. 3. – С. 115–118.

3. Место и роль информационных технологий в преподавании биохимии / В. В. Емельянов [и др.] // Новые образовательные технологии в вузе : материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Екатеринбург, 2–5 февр. 2009 г. : в 2 ч. / УГТУ – УПИ. – Екатеринбург, 2009. – Ч. 2. – С. 112–115.

К содержанию

УДК 74.262.4

М. А. БОДНЯ, Г. Ю. АНДРЕЕВА

Российская Федерация, Липецк, ЛГПУ
имени П. П. Семенова-Тян-Шанского

ЛАБОРАТОРНЫЕ ОПЫТЫ НА УРОКАХ ХИМИИ КАК СРЕДСТВО ПОЗНАНИЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ

Обучение химии в школе должно быть направлено на развитие творческого мышления, поисковой активности учащихся, которые, применяя принципы и понятия химии, могут познать объективную действительность и объяснить поведение материи и процессы, происходящие в окружающем мире. Изучение состава, свойства, структуры и реакций веществ помогает им получить представление о различных природных явлениях, превращении энергии и поведении материалов.

В связи с тем, что химия является экспериментальной наукой, то при ее изучении необходимость в экспериментах выше, чем для других предметов. Именно из экспериментальных фактов выходят основные теории и законы химии.

Согласно научной литературе, «специфика химического эксперимента состоит в том, что он является источником познания химических экспериментальных умений» [1, с. 16]. В работах В. С. Полосина [3], Д. М. Кирюшкина [2], Л. А. Цветкова, Г. М. Чернобельской [6] эксперимент рассматривается как метод познания химических явлений.

По Д. М. Кирюшкину, для того чтобы основные понятия химии не отрывались от своей материальной основы, необходимо уделять особое внимание разработке способов формирования этих понятий на основе наблюдений учащихся за конкретными объектами и процессами. Необходимо постоянно следить за тем, чтобы в сознании ученика формировалась связь между микромиром атомов и молекул и макромиром видимой и осязаемой материи. Обоснованность теоретических объяснений

химических явлений должна быть подтверждена достаточным количеством фактов, а процесс формирования понятий должен протекать по законам логики [2].

Л. Г. Тиванова выделяет два вида восприятия учащимися свойств веществ и химических процессов. Первым и главным видом восприятия является визуальное, так как чаще всего на уроках химии учащиеся используют непосредственно органы чувств. Это важнейший способ приобретения конкретных представлений, на котором основаны наглядность, развитие наблюдательности, столь важной для обучения учащихся не только химии, но и всех естественнонаучных предметов в школе. Помимо этого, учащиеся знакомятся с веществами и химическими процессами вторым способом восприятия, который можно назвать индикаторным, когда также привлекаются органы чувств, но используются они не непосредственно, а через какой-либо индикатор (указатель). При этом получаемые сведения носят не только качественный, но иногда и количественный характер [4, с. 21].

В учебном химическом эксперименте выделяется демонстрационный, проводимый учителем, и ученический, который ученики проводят самостоятельно. Разновидностью ученического эксперимента являются лабораторные опыты (рисунок).

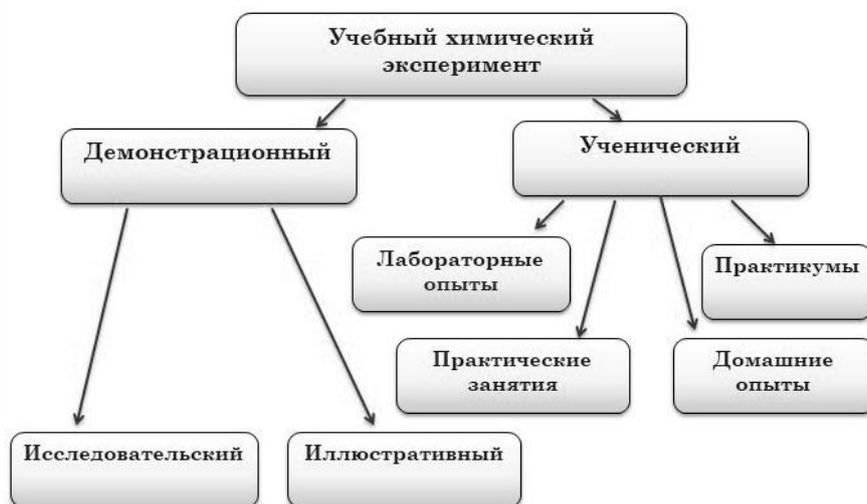


Рисунок – Виды химического эксперимента

Лабораторные опыты – это важная форма учебной и исследовательской деятельности, которая позволяет ученикам наблюдать, изучать и объяснять химические явления и закономерности. Лабораторные опыты способствуют развитию познавательного интереса, логического мышления, экспериментальных умений и навыков учащихся. Лабораторные

опыты также помогают конкретизировать и закрепить теоретические знания, полученные на уроках химии.

Целью нашего исследования является выявление основных функций лабораторных опытов, позволяющих им играть роль познания объективной действительности.

Во-первых, это эвристическая функция, которая проявляется в становлении новых фактов, понятий, закономерностей.

Пример становления нового факта – это реакция взаимодействия газообразного водорода с оксидом меди. Наблюдая за демонстрацией или самостоятельно осуществляя реакцию, учащиеся убеждаются, что в специально созданных условиях водород реагирует с оксидами металлов, восстанавливая их до простых веществ.

Лабораторные опыты обладают большим потенциалом в формировании новых понятий. Например, при изучении темы «Кислород» учитель демонстрирует разложение перекиси водорода для получения кислорода, добавляя оксид марганца, и по окончании реакции дается определение термину «катализатор».

Наиболее заметно функция выявления зависимостей и закономерностей (например, скорости реакции от природы взаимодействующих веществ, концентрации, поверхности соприкосновения реагентов) выявляется на материале темы «Закономерности протекания химических реакций».

Второй, не менее важной, является корректирующая функция лабораторных опытов, которая проявляется в преодолении трудностей освоения теории и исправлении ошибок учеников. Так, уточнению полученных экспериментальных умений помогают эксперименты, демонстрирующие последствия неверного выполнения тех или иных последовательностей химических операций, в частности, лабораторный опыт, доказывающий необходимость приливать серную кислоту в воду, а не наоборот.

Третья функция лабораторных опытов – обобщающая – позволяет выработать предпосылки для выдвижения различных типов эмпирических обобщений. Ряд лабораторных опытов может путем обобщения отнести различные классы химических веществ к электролитам.

Исследовательская функция лабораторных опытов наиболее ярко проявляется в проблемном обучении, при котором их эффективно включать в эвристические беседы или в процесс проблемного изложения материала. Рассмотрим подобные проблемные лабораторные опыты, разработанные Ю. В. Суриным [4].

Приступая к изучению взаимодействия металлов с азотной кислотой, учитель сначала побуждает учеников выдвинуть гипотезу о возможных продуктах этого взаимодействия. Известно, что в реакциях металлов

с азотной кислотой учащиеся часто ошибаются, считая выделение водорода возможным как из раствора серной кислоты, так и из азотной. Для предотвращения этой ошибки можно проводить исследовательский эксперимент в рамках проблемного обсуждения и затем дать объяснение результатам опыта.

Добавляем гранулы цинка в пробирку с соляной кислотой, и после начала выделения водорода добавляем одну-две капли концентрированной азотной кислоты. Ученики могут видеть, что выделение водорода почти прекращается, но через некоторое время возобновляется, но почему? Результаты этого эксперимента не понятны ученикам и приводят их в замешательство. Выдвигается предположение: водород соляной кислоты затрачивается на восстановление азотной кислоты. Эту рабочую гипотезу учащиеся могут объяснить, так как помнят, что водород обладает сильными восстановительными свойствами, а азотная кислота – окислительными [4].

Кроме того, нами выделены преимущества использования лабораторных опытов на уроках химии, к которым относятся:

1. Практическое применение теоретических знаний.
2. Развитие у учащихся наблюдательности, внимания к деталям, сбору данных и анализу результатов.
3. Стимулирование научного мышления: учат формулированию гипотез, проведению контрольных экспериментов, интерпретации результатов и делают учащихся самостоятельными в исследовательской деятельности.
4. Заинтересованность и мотивация, так как лабораторные опыты увлекательны и интересны для учащихся, а также позволяют увидеть конкретные результаты своих действий и поощряют их активное участие в учебном процессе.

Однако при проведении лабораторных опытов необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности и руководствоваться инструкциями учителя. Это поможет обеспечить безопасность учащихся и правильное использование лабораторного оборудования.

Таким образом, использование лабораторных опытов в школе является необходимым, так как учащиеся изучают химию не только как общеобразовательный предмет, необходимый для формирования научного мировоззрения и для развития мышления и приобретения знаний, используемых при изучении других предметов, например, биологии и физики, но и для связи с жизнью, где химические знания используются в быту и на производстве. Понимая фундаментальные принципы химии, школьники могут устанавливать связи между микроскопическим миром атомов и молекул и макроскопическим миром, который мы наблюдаем, что позволяет им интерпретировать и понимать окружающую реальность с химической точки зрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арстанбекова, Н. Б. Химический эксперимент как источник познания в преподавании курса «Неорганическая химия» / Н. Б. Арстанбекова // Проблемы соврем. науки и образования. – 2019. – № 5 (138). – С. 16–18.
2. Кирюшкин, Д. М. Методика обучения химии : учеб. пособие для пед. ин-тов / Д. М. Кирюшкин. – М. : Просвещение, 1970. – 495 с.
3. Полосин, В. С. Практикум по методике преподавания химии : учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по специальности «Химия» / В. С. Полосин, В. Г. Прокопенко. – 6-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1989. – 224 с.
4. Тиванова, Л. Г. Демонстрационный эксперимент в химии : учеб. пособие / Л. Г. Тиванова, Т. Ю. Кожухова, С. П. Говорина. – Кемерово : Кемер. гос. ун-т, 2010. – 86 с.
5. Чернобильская, Г. М. Теория и методика обучения химии : учебник / Г. М. Чернобильская. – М. : Дрофа, 2010. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 378.1-054.6:577.1

Е. С. ГУРИНОВА, М. Г. РОМАНОВА

Беларусь, Витебск, ВГМУ

**ОЦЕНКА СОДЕРЖАТЕЛЬНОЙ ВАЛИДНОСТИ ТЕСТОВ
С РАЗНОУРОВНЕВЫМИ ТЕСТОВЫМИ ЗАДАНИЯМИ
ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ИНОСТРАННЫХ
СТУДЕНТОВ ПО БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Введение. В настоящее время все большую привлекательность и применение приобретает такой метод педагогической диагностики учебных достижений студентов, как тестирование. Метод тестирования максимально объективен, высокотехнологичен и может быть автоматизирован, что облегчает процесс диагностирования и позволяет оценить сразу большое количество студентов.

Комбинируя различные мнения [1–3] можно определить педагогический тест как квалиметрически выверенную систему тестовых заданий различной трудности, заранее спроектированной технологии обработки и анализа результатов, которая позволяет качественно и эффективно измерить уровень и структуру знаний студентов.

Для того чтобы тест адекватно и максимально объективно оценивал уровень знаний студентов, он должен удовлетворять определенным статистическим требованиям, среди которых наиболее значимые валидность и надежность.

Валидность (от англ. *valid* ‘пригодный’) – характеристика теста, которая отражает его способность получать результаты, соответствующие поставленной цели и обосновывающие адекватность принимаемых решений. Существуют разные подходы для классификации валидности: по содержанию, по соответствию методикам, по связи с независимыми критериями [2]. В данной работе мы рассматриваем критериальную содержательную валидность, которая показывает, насколько уровень учебных достижений, оцениваемый тестом, близок к уровню знаний, умений и навыков, оцениваемым экспертом (преподавателем) другим методом [1; 2].

Коэффициент критериальной содержательной валидности рассчитывают как коэффициент корреляции Пирсона между результатом тестовых измерений и экспертной оценкой знаний по формуле [1; 2]:

$$V = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i y_i)}{n} - \bar{Y} \cdot \bar{y}}{S_Y \cdot S_y} \cdot \frac{n}{n-1}$$

где n – количество испытуемых, Y_i – экспертная оценка i -го учащегося, \bar{Y} – средняя арифметическая экспертных оценок, S_Y – стандартное отклонение экспертных оценок, y_i – количество правильных ответов i -го учащегося, \bar{y} – среднее арифметическое количество правильных ответов, S_y – стандартное отклонение количества правильных ответов.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}, \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

В. С. Аванесов и А. Анастаси [2] предлагают расценивать рассчитанную критериальную валидность следующим образом:

1. Валидность высокая, если $V = 0,6 \div 1$;
2. Валидность средняя, если $V = 0,3 \div 0,6$;
3. Валидность низкая, если $V < 0,3$.

Важным показателем качества тестовых заданий считают трудность [2]. Трудность тестового задания определяют на основе анализа числа и характера умственных операций, нужных для успешного выполнения задания, а также подсчетом доли неправильных ответов. Если X – количество правильных ответов, M – общее количество ответов, тогда:

- доля правильных ответов: $p = X/M$;
- доля неправильных ответов: $q = 1-p$.

Цель – продемонстрировать тестовые задания разной формы и представить оценку критериальной содержательной валидности тестов для текущего контроля знаний иностранных студентов 1-го курса по дисциплине «Биоорганическая химия» по теме «Химическая связь и взаимное влияние атомов в органической молекуле».

Методы. Критериальную содержательную валидность теста рассчитывали как коэффициент корреляции Пирсона между индивидуальным тестовым баллом и экспертной оценкой знаний студентов по результатам выполнения индивидуальных письменных компетентностно-ориентированных заданий по теме занятия [1; 2]. Расчеты выполнены в программе Microsoft Office Excel с использованием встроенных функций [1].

Результаты и обсуждение. По теме занятия «Химическая связь и взаимное влияние атомов в органической молекуле» для текущего контроля знаний иностранных студентов 1-го курса, обучающихся по дисциплине «Биоорганическая химия» на английском языке, разработан комплексный контроль из шести вариантов параллельных тестов и письменных заданий. Каждый из параллельных тестов включает 10 вариативных тестовых заданий закрытого типа с предложенными вариантами ответов. При составлении заданий в тестовой форме использовались принципы краткости, логической формы утвердительного и положительного высказывания. Для разработки тестовых заданий использована конструкция фасета, в которой задания в разных вариантах с одним и тем же порядковым номером формулируются одинаково, но варьируются отдельные элементы задания, такие как названия или формулы органических соединений [2]. Содержание тестовых заданий максимально полно отражает ключевые элементы программы по теме занятия.

Для теста разработаны три вида разноуровневых тестовых заданий [2]:

1) четыре вопроса с множественным или одним выбором, которые позволяют оценить сформированность базовых знаний на узнавание и применение определений ключевых понятий темы, например: *In organic compound $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ hybridization of atoms are:*

1. sp^3 and sp^2 of carbons;
2. sp^3 of carbons;
3. sp^3 and sp of carbons;
4. sp^2 pyrrole of nitrogen;
5. sp^3 of nitrogen.

2) три вопроса на установление соответствия вариантов ответов из второй (правой) колонки каждому из элементов из первой (левой)

колонки. Такие тестовые задания проверяют сформированность навыков находить связи, ассоциации между отдельными структурными единицами и характеристиками, например: *In the structure of 4-hydroxybenzaldehyde match the electron effects and total character of functional groups:*

- | | |
|------------|-------------------|
| 1. $-OH$; | A. A. $+I$; |
| 2. $-COH$ | B. A. $-I$; |
| | C. A. $+M$; |
| | D. A. $-M$; |
| | E. A. $ED (ER)$; |
| | F. A. $EW (EA)$ |

3) три вопроса на установление заданных вариантов ответов в правильной последовательности. Для решения этого вида тестового задания необходимо развитие умения и навыков в построении логических цепочек, анализ и синтез знаний, например: *Propose the sequence – inductive effect is:*

1. *the more electronegative atom;*
2. *along the σ -bond towards;*
3. *electron density;*
4. *a shift of.*

Тест из десяти заданий выполняли 28 студентов двух учебных групп в течение 10 мин. в конце занятия. После выполнения теста эти же студенты написали решение письменных билетов, которые были оценены преподавателем по 10-балльной системе и использованы как экспертные оценки. Для оценивания теста использована дихотомическая система, где 0 – неправильный ответ, 1 – полностью правильный ответ.

В таблице 1 приведен фрагмент бинарной матрицы с оценками каждого вопроса, результирующим индивидуальным тестовым баллом y_i и экспертной оценкой Y_i .

Таблица 1 – Результаты тестирования

№ студента	Результаты тестовых заданий										y_i	Y_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	7	8
2	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	6	7
3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	6	8
4	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	5	6
5	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	5	6
6	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	5	5
7	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	5	9

По результатам тестирования были выполнены расчеты среднего арифметического индивидуального тестового балла, тестовой оценки и экспертной оценки; стандартного отклонения этих оценок и валидности как коэффициента корреляции Пирсона. Все расчеты выполнены в программе Microsoft Office Excel с использованием встроенных функций. Результаты промежуточных и конечных расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов коэффициента валидности

	Функция в Microsoft Office Excel	Результаты
$\sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i)$	СУММПРОИЗВ	569
Среднее арифметическое экспертных оценок, \bar{Y}	СРЗНАЧ	5
Среднее арифметическое индивидуального балла, \bar{y}		3,7143
Стандартное отклонение экспертных оценок, S_Y	СТАНДОТКЛОН.В	2,143
Стандартное отклонение индивидуального балла, S_y		1,487
Валидность: коэффициент корреляции Пирсона индивидуального балла y_i и экспертной оценки Y_i	КОРРЕЛ	0,5694

Таким образом, критериальная содержательная валидность разработанного теста показала среднее значение $V \sim 0,56$.

По каждому заданию теста была рассчитана трудность как доля правильных ответов p_j и доля неправильных ответов $q_j = 1-p_j$. Трудность заданий теста представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Трудность тестовых заданий

Тестовые задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Доля правильных ответов p_j	14	14	1	0	10	16	12	18	16	3
Доля неправильных ответов q_j	14	14	27	28	18	12	16	10	12	25

Таблица 3 показывает, что у заданий 3, 4, 10 низкая доля правильных ответов близкая к 0. Таким образом, у этих заданий самая высокая трудность. Все три задания в тестовой форме были на установление соответствия. Возможно, причина в том, что для студентов этот вид тестового задания незнаком или непонятен и, соответственно, данные задания следует скорректировать. У заданий в тестовой форме на установление правильной последовательности 6, 8, 9 трудность самая низкая.

Выводы. 1. Разноуровневые тестовые задания в тесте для текущего контроля знаний студентов по теме одного занятия позволят оценить не только знания основных понятий соответственно программе, но и развитость и широту логического мышления студентов.

2. Коэффициент содержательной валидности теста средний и, таким образом, тест и тестовые задания требуют переработки. Возможно, следует изменить относительное количество заданий разных видов в тесте.

3. Самые трудные задания в тесте – на установление соответствия. Поэтому следует скорректировать сами задания и прорабатывать подобные задания в виде упражнений со студентами на занятии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Векслер, В. А. Особенности определения валидности педагогического теста / В. А. Векслер, Л. Б. Рейдель // NovaInfo.Ru : науч.-популяр. журн. – 2015. – № 36. – С. 208–212.

2. Ким, В. С. Тестирование учебных достижений : монография / В. С. Ким. – Уссурийск : УГПИ, 2007. – 214 с.

3. Мороз, Л. С. Методы определения надежности и валидности тестов для контроля знаний / Л. С. Мороз // Труды БГТУ. Сер. 6, Физ.-мат. науки и информатика. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 176–179.

[К содержанию](#)

УДК 378.147:54

В. Ю. ГУРСКАЯ, С. М. ПАНТЕЛЕЕВА

Беларусь, Буда-Кошелево, средняя школа № 1 г. Буда-Кошелево

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ

Химия и химическое образования для большинства учащихся и их родителей слышится, как что-то не понятное, где вечно нужно что-то учить, решать и считать. Однако мы – педагоги знаем, какие силы должны двигать этот процесс, как и в эволюции. Есть три силы, заставляющие детей учиться: послушание, увлечение и цель. Послушание подталкивает, цель манит, увлечение движет, тем самым вырабатывая навыки, приспособлявая обучающихся к учению.

Многие скажут, что, если дети равнодушны к предмету, учеба становится тяжелой повинностью, и никто не может их расшевелить. Поэтому каждый учитель в процессе своей работы стремится ответить

на вопрос: как повысить уровень мотивации, интерес к предмету, как сформировать навыки осмысленной работы с химическим текстом, как научить работать самостоятельно, как обогатить словарный запас, лаконично и кратко выражать свои мысли и так же привить обучая предмету навыки здорового образа жизни.

Про критическое мышление сказано и написано много, однако важно то, что данная технология – это целостная система. Она помогает научить работать с текстом, способствует развитию коллективной работы, работы в группах, пониманию и продуктивному взаимодействию между людьми, позволяет учащимся использовать свои знания в новой ситуации [1; 2].

Технология критического мышления включает три стадии, тем самым и становится максимально удобной в применении. На своих уроках мы всегда придерживаемся трех основных этапов, или стадий.

1. Вызов – ставится задача не только активизировать, заинтересовать обучающихся, мотивировать их на дальнейшую работу, но и дать волю уже имеющимся знаниям либо создать ассоциацию по изучаемому вопросу, что само по себе станет серьезным, активизирующим и мотивирующим фактором для дальнейшей работы.

2. Осмысление (реализация смысла) – непосредственная работа с информацией, причем приемы и методы критического мышления позволяют сохранить активность ребят, сделать чтение или слушание осмысленным. Ребята пытаются решить проблему, опираясь на сведения, предоставленные учителем, или на текст учебника.

3. Рефлексия (размышление) – информация анализируется, творчески перерабатывается, происходит корректировка взглядов ребят на основании полученной ими новой информации и присвоение нового знания. Ребята высказывают собственные идеи, аргументируют их. Учащимся предлагается вспомнить начало урока, сформулировать цель и основные идеи занятия. Тем самым и осуществляем коррекцию знаний. Рефлексия – это обязательный этап урока. Урок без рефлексии – это как контрольная без работы над ошибками.

Именно по этой причине мы и выбрали технологию критического мышления для развития умственных способностей, речи, повышения интереса к предмету, способностей подавать информацию, ведь ребятам характерна потребность в умственных впечатлениях, умственных усилиях.

Таким образом, применение технологии критического мышления на уроках способствует:

1. Повышению интереса к предмету. Это проявляется в активности ребят на уроке, желании выполнять задания практического характера (тема «Химические свойства кислорода», «Оксиды» – в домашних условиях найти доказательства, как кислород действует на металлы в открытой среде).

2. Развитию мышления, правильной речи, синтезу информации в лаконичной форме, преодолению неуверенности в себе – работа с текстом параграфа, выделение основных частей и главных мыслей.

3. Развитию способности резюмировать информацию, совершенствовать навыки самостоятельной работы с предложенной информацией.

4. Повышению качества знаний по предмету.

5. Большому интересу к урокам по технологии критического мышления.

6. В последние два года нет учащихся, имеющих по итогам четверти и года отметки низкого и удовлетворительного уровня.

Однако для успешного применения в практике технологии критического мышления негативно сказывается низкий темп чтения некоторых ребят, ошибки в математическом округлении цифр (7 класс). По результатам анкетирования для них более приемлемо объяснение учителя, хотя лучше усваивается информация, которую старался познать сам. Поэтому стоит учитывать индивидуальные качества обучающихся и обучать самостоятельной работе.

Чаще всего предлагаем использовать приемы «Я уже знаю», «Верные и неверные утверждения», «Корзина идей» на стадии «Вызов». На стадии «Осмысление» – «Бортовой журнал», «Анализ текста по предложенной схеме». На стадии «Рефлексия» – «Синквейн», «Ромашка Блума».

Применяя технологию критического мышления, учащиеся приходят к мысли о необходимости самосовершенствования, что проявляется в положительной самооценке, повышении самостоятельности суждений и оценок, развитии интеллектуальной, эмоциональной сферы и стремлении к сотрудничеству. Она расширяет возможности в формировании личности обучающихся. Технология критического мышления реальна в применении на уроках химии, и может использоваться в деятельности каждого учителя.

Таким образом, в современных реалиях необходимо меняться ролями педагогу с учащимися. Обучающиеся должны быть активны, даже при объяснении педагога, учащиеся и только они главные на уроке, учитель лишь координирует их энергию, направляет в правильное русло. Организовываем их деятельность таким образом, чтобы они могли поделиться воспоминаниями, знаниями, рассуждениями в небольших группах либо с соседом по парте, читать, писать, обсуждать прочитанное. Роль учителя остается на втором плане, на уроке он координатор.

В овладении технологией критического мышления возникают определенные трудности:

1. Дефицит времени. Много усилий нужно приложить для разработок, составления карточек для самостоятельной работы в группах (парах), обеспечить каждого учащегося необходимыми ксерокопиями текстов – технические трудности.

2. Педагоги, работающие с большими классами, должны найти такие способы работы, чтобы каждый учащийся нашел себя на этом уроке. Необходимо активизировать даже тех учащихся, которые проявляют попытки остаться в стороне. Есть группа учащихся («ждунь»), которые ожидают, когда озвучат либо запишут правильный ответ, они не ответственны за свое обучение. Поэтому важно вовлекать каждого в процесс познания и самопознания.

С уверенностью стоит сказать, что не решаемых проблем не существует, думаем, что большинство реально решить, приучая учащихся работать с данным методом. Технология критического мышления обучает учащихся через чтение и письмо, она имеет все большее распространение. За ней – возможность воспитания будущего гражданина, который будет проявлять свой безграничный и творческий потенциал.

Из вышесказанного следует, что, работая с технологией критического мышления, учащиеся учатся анализировать, синтезировать, сопоставлять, делать выводы. Исходя из современных требований, технология целиком отвечает целям образования, обучает как ученика, так и учителя правилам работы с информацией, методам организации учения самообразования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бустром, Р. Развитие творческого и критического мышления / Р. Бустром. – СПб. : Альянс-Дельта, 2003. – 134 с.
2. Загашеев, И. О. Учим детей мыслить критически / И. О. Загашеев, С. И. Заир-Бек, И. В. Муштавинская. – СПб., 2003. – 192 с.

[К содержанию](#)

УДК 373.57-054.6:54

Н. В. ДЕМЕНКОВА

Беларусь, Витебск, Витебский государственный
ордена Дружбы народов медицинский университет

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАТИВНО-КОНТЕКСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ОБУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЕ «МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ»

В современном обществе особая роль отводится образованию: оно отражает специфику и особенности настоящего этапа цивилизационного развития и одновременно во многом определяет его. Реформирование образования обуславливает его взаимосвязь с нынешним уровнем научных

знаний, с требованиями, предъявляемыми к выпускникам вузов, с современными условиями жизни общества.

В настоящее время традиционные подходы, применяемые в медицинском образовании Республики Беларусь, не всегда эффективны. Увеличение потока информации требует быстрой ее передачи для более успешного усвоения знаний. Поэтому важнейшей задачей преподавателя высшей школы является направление умений обучаемых на познавательную активность, используя при этом современные образовательные технологии. Это позволит обеспечить качественное образование, в результате чего будущие врачи смогут эффективно применять полученные на занятиях знания, умения и навыки как в повседневной жизни, так и в будущей профессиональной деятельности.

Медицинское образование ориентировано на то, чтобы сформировать у студентов глубокое понимание главных научных принципов. Современный выпускник медицинского вуза должен понимать необходимость в постоянном самостоятельном обучении, ориентироваться в профессиональных проблемах, осознавать профессиональные обязанности, а также использовать естественнонаучные знания при планировании научного эксперимента и обобщении данных.

В сложившихся условиях для реализации поставленных задач в процессе обучения будущих врачей наиболее оптимальным считается сочетание традиционных и инновационных педагогических технологий, которые обеспечивают большую степень подготовки конкурентоспособных, инициативных, творческих и мобильных специалистов.

В процессе подготовки будущих врачей большую роль играет освоение ими дисциплины «Медицинская химия».

Основная цель преподавания дисциплины «Медицинская химия» – это создание оптимальных условий для преобразования учебно-познавательной деятельности студентов в профессиональную; формирование у студентов фундаментальных естественно-научных знаний, необходимых для понимания физико-химических основ процессов жизнедеятельности; использование научных достижений и современных методов исследования при изучении медико-биологических и медицинских проблем. Без знания химической природы явлений, происходящих в организме человека, без понимания особенностей химического влияния на здоровье человека, нельзя решать медицинские проблемы.

Для повышения качества медицинского образования необходима интеграция химических и медицинских знаний, усовершенствование структуры и содержания, а также разработка эффективной методики изучения дисциплины «Медицинская химия» в медицинских вузах на основе интегративно-контекстного подхода, в основе которого лежат принципы межпредметной интеграции и профессиональной направленности.

Реализация принципа межпредметной интеграции должна охватывать все этапы процесса обучения. Это позволит обеспечить целостность профессиональной подготовки будущего врача. Студенты устанавливают взаимосвязь между компонентами знаний из разных дисциплин; развивают умение переносить знания из одной области в другую, что является основой высокого уровня их компетентности и успешной профессиональной деятельности.

Определив цели обучения на основе интегративного подхода, преподавателю надо изучить программы и учебники не только по химии, но и по смежным дисциплинам. Затем подобрать или создать учебно-методический материал, включающий межпредметные задания, инструкции и указания по проведению занятий, различные схемы, справочные таблицы, мультимедийные презентации лекций, тесты, вопросы и упражнения по разделам дисциплины, УИРС, материалы для самостоятельного изучения, домашние задания, письменный и устный контроль и другие виды работ. Преподаватель должен системно излагать учебный материал, устранять дублирование в процессе изложения учебного материала различных дисциплин, обеспечивать социальную, личностную и коммуникативную адаптацию студентов к реальному миру на основе общечеловеческих ценностей.

Таким образом, процесс познания должен начинаться и заканчиваться интеграцией знаний и состоять из следующих этапов:

- целостное восприятие объекта изучения (интеграция);
- системный анализ объекта (дифференциация);
- обобщение данных, полученных в результате анализа (интеграция).

Данный подход к преподаванию дисциплины «Медицинская химия», используемый преподавателями кафедры общей и органической химии, имеет много преимуществ: у студентов выстраивается полная картина мира; развиваются интеллектуальные и творческие способности; повышается мотивация к самостоятельному приобретению новых знаний; формируется опыт проблемно-творческой познавательной деятельности с применением научных методов исследования на практике; создаются качественно новые способы деятельности, обладающие высоким уровнем целостности.

Методика контекстного обучения будущих врачей дисциплине «Медицинская химия» основана на идее усиления профессиональной направленности при освоении данной учебной дисциплины, реализуемой через систему проблемных ситуаций и задач. Данная технология была разработана в 1991 г. в научно-педагогической школе профессора А. А. Вербицкого и представляет собой реализацию динамической модели деятельности студентов: от собственно учебной деятельности, где главным

образом имеет место передача и усвоение информации (например, в форме лекций, семинаров по закреплению материала, полученного на лекции и др., на которых уже начинает намечаться контекст будущей профессиональной деятельности) через квази-профессиональную (использование игровых форм учебной деятельности, в результате чего воссоздается предметное, социальное и психологическое содержание профессионального труда специалиста) и учебно-проблемную (НИРС, УИРС, написание курсовых и дипломных работ, производственная практика и др., приводящие к трансформации учебной деятельности в профессиональную).

Студенту-медику с самого начала обучения задают контуры его будущего профессионального труда. При этом содержание контекстного обучения должно проектироваться соответственно как предметы выделенных видов деятельности с ориентацией на профиль специалиста, в логике учебного предмета и логике будущей профессиональной деятельности (в нашем случае – в логике интегративных связей химии с медико-биологическими дисциплинами).

При реализации поставленных задач должны выполняться следующие условия:

- соответствие естественнонаучного направления процесса обучения студентов дисциплине «Медицинская химия» по методической системе контекстного подхода содержанию естественнонаучного и профессионального образования;

- формирование у студентов профессиональных компетенций, умений и навыков на основе составления и решения контекстных задач по химии с межпредметной и профессиональной направленностью;

- использование межпредметных связей и задач профессионального контекста при планировании, организации и реализации процесса обучения в вузе;

- коррекция содержания изучения дисциплины «Медицинская химия» с соблюдением требований общеобразовательных и дидактических принципов межпредметности и профессиональной направленности.

При проведении комбинированного аудиторного занятия на этапе закрепления знаний преподаватели кафедры общей и органической химии часто используют проблемные познавательные задачи, которые вызывают у студентов интерес к изучаемой теме и помогают установить межпредметные связи. Причем знания, умения и навыки даются не как предмет, на который должна быть направлена активность студента, а как средство решения задач в контексте с будущей профессиональной деятельностью.

Одним из важных разделов в образовательной программе по учебной дисциплине «Медицинская химия» является раздел «Дисперсные системы.

Получение, очистка и свойства коллоидных растворов». При изучении данного раздела у студентов формируются знания о роли коллоидных систем в жизни человека, о природе коллоидного состояния, о свойствах коллоидов; изучаются процессы коагуляции и пептизации и их биологическое значение; исследуется устойчивость коллоидных растворов и факторы, вызывающие ее нарушение; приобретаются навыки получения коллоидных растворов и очистки их от низкомолекулярных веществ. В качестве примера приведем содержание варианта профессионально ориентированного интегрированного задания, которое можно использовать на занятии в процессе изучения нового материала по данному разделу.

Задание. Золь CuS получен при смешивании 200 см^3 $0,01 \text{ М}$ раствора сульфата меди и 800 см^3 $0,002 \text{ М}$ раствора сульфида натрия. Напишите формулу мицеллы образовавшегося золя, укажите ее составные части и направление движения частиц в электрическом поле. Какие ионы будут вызывать коагуляцию этого золя? Для какого из электролитов: NaCl , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, K_2SO_4 , Na_3PO_4 или AlCl_3 – порог коагуляции будет наименьшим и почему? Рассчитайте порог коагуляции для выбранного электролита, если для коагуляции 100 мл полученного золя потребовалось 12 мл 1 М раствора этого электролита.

Профессионально ориентированные интегрированные знания являются основой формирования клинического мышления, актуальны для практической медицины, обеспечивают успешное решение и теоретических, и клинических задач.

Таким образом, интегративно-контекстный подход может реализовываться в исследовании разноуровневой интеграции компонентов (целей, содержания, процесса, результатов, а также деятельности субъектов интерактивного обучения в образовательной среде обучения химическим дисциплинам) в контексте идеи о формировании специальных профессиональных компетенций студентов медицинского университета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменкова, Н. В. Реализация интегративного подхода в процессе преподавания дисциплины «Медицинская химия» / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Качественное профессиональное образование: современные проблемы и пути решения : материалы XIII науч.-метод. онлайн-конф. с междунар. участием, Кемерово, 22 дек. 2021 г. / ФГБОУВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 134–137.

2. Деменкова, Н. В. Использование информационных технологий для диагностики сформированности межпредметных знаний в процессе преподавания дисциплины «Медицинская химия» / Н. В. Деменкова,

3. С. Кунцевич // Медицинское образование XXI века: информационные компьютерные технологии при подготовке медицинских кадров : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 23 дек. 2021 г. / под ред. А. Т. Щастного. – Витебск : ВГМУ, 2021. – С. 134–137.

3. Деменкова, Н. В. Контекстный подход к преподаванию дисциплины «Медицинская химия» [Электронный ресурс] / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 77-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 26–27 янв. 2022 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. Т. Щастный (пред.) [и др.]. – Витебск : ВГМУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

4. Кунцевич, З. С. Формирование аналитических умений у слушателей факультета повышения квалификации по педагогике и психологии в процессе стажировки / З. С. Кунцевич, Р. В. Загоруйко // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 69-й науч. сессии сотрудников ун-та, Витебск, 29–30 янв. 2014 г. – Витебск : ВГМУ, 2014. – С. 276–277.

[К содержанию](#)

УДК 372

А. М. КАВАЛЕНКА

Беларусь, Брэст, БрДУ імя А. С. Пушкіна

ПРАФЕСІЙНА АРЫЕНТАВАНЫЯ АЎТЭНТЫЧНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ Ў НАВУЧАННІ ЗАМЕЖНАЙ МОВЕ СТУДЭНТАЎ БІЁЛАГА-ХІМІЧНЫХ СПЕЦЫЯЛЬНАСЦЕЙ

Сучасная прафесійна пісьменная асоба – гэта спецыяліст, які валодае ведамі і навыкамі, неабходнымі для сваёй прафесіі, і павінен умець знаходзіць, аналізаваць і выкарыстоўваць аўтэнтычныя крыніцы інфармацыі, ацэньваць іх валіднасць, акумуляваць набытыя веды з розных галін і прымяняць іх у прафесійнай сферы дзейнасці, мець дастатковы ўзровень валодання замежнай мовай для камунікацыі з замежнымі партнёрамі і для перапрацоўкі аўтэнтычнай інфармацыі. Усе гэтыя і многія іншыя навывкі і ўменні з’яўляюцца паказчыкам прафесійнай кампетэнтнасці павышанага ўзроўню і з’яўляюцца мэтай навучання замежнай мове ў ВНУ. Для дасягнення гэтай мэты працэс выкладання замежнай мовы прадугледжвае працу з аўтэнтычнымі тэкстамі прафесійнай накіраванасці, падбор якіх павінен ажыццяўляцца сістэмна па пэўных крытэрыях.

Пад аўтэнтэчным (ад грэч. *authentikos* ‘сапраўдны’) тэкстам часта разумеецца тэкст, напісаны для носьбітаў мовы носьбітам гэтай мовы і не прызначаны першапачаткова для навучальных мэтаў [1]. Рэцэпты, песні, прагнозы надвор’я, аб’явы, этыкеткі, меню, газетныя артыкулы, рэкламныя праспекты, літаратурныя тэксты ўвайшлі ў клас, каб служыць прыкладамі разнастайнасці пісьмовых тэкстаў. Аўтэнтэчны тэкст як інструмент навучання замежнай мове матывуе навучэнца, ставячы яго на месца носьбіта мовы і дазваляючы яму мець прамы доступ да мовы.

У межах прафесійна арыентаванага падыходу ў працэсе навучання замежнай мове аўтэнтэчныя матэрыялы выконваюць шмат функцый [2]:

- спрыяюць фарміраванню навыкоў і ўменняў маўлення, так як змяшчаюць ілюстрацыйныя стылеўтваральныя элементы і формулы мовы спецыяльнасці, развіваюць механізмы памяці, увагі, мыслення;

- дазваляюць мадэляваць разнастайныя сітуацыі дзелавой і прафесійнай камунікацыі, імітуюць умовы натуральнага маўлення;

- дазваляюць фарміраваць творчае мысленне студэнта, рыхтаваць яго да пошуку вырашэння праблем, звязаных з прафесійнай сферай дзейнасці;

- павышаюць матывацыю да вывучэння замежнай мовы і далейшага ўдасканалення моўных навыкаў.

У працэсе выкладання прафесійна арыентаванай мовы асаблівае значэнне набывае падбор прафесійна арыентаваных аўтэнтэчных тэкстаў як для аўдыторнай, так і для пазааўдыторнай працы. Паўстае пытанне, па якіх крытэрыях падбіраць аўтэнтэчныя тэксты для студэнтаў нелінгвістычных спецыяльнасцей. Неабходна адзначыць, што нават у рамках адной спецыяльнасці тэматычныя разыходжанні навучальных матэрыялаў могуць быць даволі значнымі.

Неабходна ўлічваць прафесійную складанасць тэкстаў. Складаныя ў змястоўным дачыненні тэксты наўрад ці будуць эфектыўнымі на ранніх этапах навучання, калі багаж ведаў па профільных прадметах яшчэ не вельмі вялікі. Іх выкарыстанне больш прадуктыўна на заключным этапе курса замежнай мовы ці ў працы студэнцкага навуковага гуртка.

З дадзеным крытэрыем пераклікаецца прынцып лінгвістычнай цяжкасці тэкстаў. Неабходна пастаянна сачыць за адпаведнасцю моўнай кампетэнцыі студэнтаў і ўзроўнем складанасці тэксту. Вельмі складаныя ў лінгвістычным дачыненні тэксты, якія выкарыстоўваюцца на ранніх этапаў навучальнага працэсу, не прынясуць шмат карысці. Практыка паказвае, што больш карыснымі з’яўляюцца невялікія па аб’ёме аўтэнтэчныя тэксты, не перагружаныя складанымі граматычнымі канструкцыямі і тэрмінамі.

Неабходна ўлічваць актуальнасць і навізну тэкставай інфармацыі. Інавацыі і змены вызначаюць неабходнасць замены наяўных аўтэнтычных тэкстаў на новыя, патрэбу ў паралельнай працы з рознымі рэсурсамі. Сучасныя інфармацыйныя тэхналогіі дазваляюць без асаблівых цяжкасцяў атрымліваць неабходны матэрыял з замежных крыніц. Разам з тым неабходна заўсёды крытычна падыходзіць да ацэнкі крыніцы атрыманай інфармацыі, так як шмат сайтаў на англійскай мове знаходзяцца не ў англамоўных краінах, і такім чынам улічваць дакладнасць аўтэнтычнасці тэксту.

Аўтэнтычнае прадстаўленне тэкстаў таксама мае важнае значэнне. Падача аўтэнтычнага тэксту ў арыгінальнай форме ў выглядзе копій (скрыншотаў) тэкстаў з ілюстрацыямі, фармуляраў розных анкет, бланкаў, прафесійных дакументаў і т. д. выклікае ў студэнта пачуццё сапраўднасці тэксту і стварае ўмовы для больш эфектыўнага пагружэння ў моўнае асяроддзе на занятку.

Аўтэнтычныя матэрыялы з'яўляюцца носбітам інфармацыі. Іх выкарыстанне ў межах прафесійна арыентаванага падыходу ў цэлым забяспечвае інтэграцыю дысцыпліны “Замежная мова” ў агульны курс прафесійнай падрыхтоўкі. Так, напрыклад, тэксты дапаможніка [3], які распрацаваны для навучання студэнтаў біёлага-хімічных спецыяльнасцей, – аўтэнтычныя, запазычаныя з брытанскіх і амерыканскіх падручнікаў па хіміі, навукова-папулярных часопісаў, іх прапрацоўка спрыяе замацаванню і паглыбленню ведаў, атрыманых непасрэдна на занятках па дысцыплінах спецыяльнасці. Такім чынам, спецыяльныя веды выступаюць не толькі прадметам, на якім адбываецца навучанне мове, але і самі з'яўляюцца аб'ектам вывучэння на англійскай мове. Шырока прадстаўлены схемы, табліцы, фармуляры, работа з якімі спрыяе выпрацоўцы ўмення разумець і карыстацца такога рода тэкстамі.

Падводзячы вынік, можна сцвярджаць, што ва ўмовах нямоўнага асяроддзя, выкарыстанне прафесійна арыентаваных аўтэнтычных тэкстаў на ўсіх этапах навучання замежнай мове ў ВНУ апраўдана і неабходна для прафесійнай падрыхтоўкі будучых высокакваліфікаваных кадраў. Аўтэнтычныя тэксты адлюстроўваюць сучасную рэчаіснасць і пры гэтым з'яўляюцца багатай крыніцай іншамоўнай культуры. Выкарыстанне у навучальных мэтах сучасных арыгінальных аўтэнтычных матэрыялаў прафесійнай накіраванасці дазваляе наблізіць вучэбную сітуацыю да рэальнай прафесійнай сітуацыі, арыентаванай на іншамоўнае асяроддзе, павышае цікавасць да вывучэння замежнай мовы, дапамагае ўключэнню студэнтаў у дыялог культур, спрыяе развіццю ўсіх кампанентаў іншамоўнай камунікатыўнай кампетэнцыі.

СПИС ВЫКАРЫСТАНАЙ ЛІТАРАТУРЫ

1. Beresova, J. Authentic Materials – Enhancing Language Acquisition and Cultural Awareness [Electronic resource] / J. Beresova // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 192. – P. 195–204. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/282555870_Authentic_Materials_Enhancing_Language_Acquisition_and_Cultural_Awareness. – Date of access: 02.02.2024.

2. Сидакова, Н. В. Использование профессионально ориентированных аутентичных материалов в обучении иностранному языку студентов технических специальностей / Н. В. Сидачова // АНИ: Педагогика и психология. – 2016. – Т. 5, № 3 (16). – С. 154–157.

3. Коваленко, О. Н. Английский язык для химиков = English for Chemists : учеб. пособие / О. Н. Коваленко ; М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т. им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2022. – 163 с.

[К содержанию](#)

УДК 691.542

А. В. КАКЛЮГИН, Л. И. КАСТОРНЫХ

Российская Федерация, Ростов-на-Дону, ДГТУ

**ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ РАЗДЕЛА
«ЦЕМЕНТ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ» УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ «ДОРОЖНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

Раздел «Минеральные (неорганические) вяжущие вещества» является одним из ключевых в структуре учебной дисциплины «Строительное материаловедение», входящей в основную образовательную программу бакалавриата по направлению «Строительство». Целью преподавания данного раздела является формирование у бакалавра знаний основ технологий производства и технических характеристик важнейших видов воздушных и гидравлических вяжущих веществ, а также умений правильно применять эти знания на практике при проектировании составов искусственных камневидных материалов на их основе.

При подготовке и изложении учебного материала преподавателю обязательно следует учитывать, что производство и применение гипсовых и магнезиальных вяжущих веществ, строительной извести и цементов основано на химической технологии – научном направлении, появившемся еще в начале XX в. и базирующемся на химии твердых тел. Студентам необходимо понять процессы, обеспечивающие изменение химического

состава исходного сырья и получение нового продукта, обладающего требуемыми физическими, механическими, химическими и физико-химическими свойствами [1].

При изложении учебного материала на лекционных и лабораторных занятиях мы опираемся на знания студентов, полученные ими при изучении предшествующих дисциплин, и прежде всего «Химия» и «Геология». Предшествующая подготовка помогает студентам легче усвоить, что основными сырьевыми источниками для получения минеральных вяжущих веществ являются осадочные горные породы, а принципы технологии их производства основаны на тепловой обработке сырья и измельчении продукта обжига в тонкий порошок. От химического состава и наличия примесей в сырье, а также температуры его обжига, которая оказывает решающее влияние на протекание необходимых химических и физико-химических процессов, зависит минералогический состав получаемого вяжущего вещества и, соответственно, возможность его применения в тех или иных целях.

Одним из самых сложных этапов изучения раздела «Минеральные вяжущие вещества» для студентов является тема «Специальные цементы». Эти вяжущие вещества предназначены для бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в особых условиях при воздействии агрессивных сред. Например, высокая агрессивность среды эксплуатации бетонных покрытий и оснований автомобильных дорог на территории Российской Федерации обусловлена прежде всего тем, что для нее характерны низкие отрицательные температуры воздуха зимой и длительные периоды знакопеременных температур в осенне-весенний период. В этих условиях монолитные и сборные цементобетонные покрытия автомобильных дорог подвергаются совместному действию воды и мороза при одновременном влиянии хлористых солей, применяемых для предотвращения их обледенения и облегчения очистки ото льда.

Обеспечить необходимую высокую морозостойкость дорожного бетона можно только при соблюдении мер первичной защиты, направленных на снижение его открытой пористости и проницаемости, к которым относят: правильный выбор цемента и заполнителей, ограничение при проектировании состава бетона значения водоцементного отношения, применение воздухововлекающих, водоредуцирующих, уплотняющих и других химических добавок [2].

При проектировании состава дорожного бетона следует выбирать цемент, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 33174-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Цемент. Технические требования». Его отличительными особенностями, направленными на достижение

необходимой морозостойкости бетона, являются: нормирование минералогического состава портландцементного клинкера и минимальное количество минеральных добавок.

Из предыдущего учебного материала, изложенного на лекционных занятиях, студентам должно быть известно, что клинкер портландцемента на 70–80 % состоит из образовавшихся при обжиге при температуре 1300–1450 °С высокоосновных силикатов кальция:

а) $3CaO \cdot SiO_2$ (C_3S) – трехкальциевого силиката или алита, определяющего интенсивность твердения цемента и обеспечивающего высокую прочность образующегося искусственного камня;

б) $2CaO \cdot SiO_2$ (C_2S) – двухкальциевого силиката или белита, менее активно взаимодействующего с водой цементного теста и набирающего высокую прочность при благоприятных условиях (положительной температуре и высокой влажности) только после длительного срока твердения.

Оставшиеся 20–30 % в составе клинкера в основном занимают еще два искусственных минерала:

– $3CaO \cdot Al_2O_3$ (C_3A) – трехкальциевый алюминат;

– $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ (C_4AF) – четырехкальциевый алюмоферрит.

Трехкальциевый алюминат очень быстро гидратируется и твердеет. Это вызывает необходимость для регулирования сроков схватывания цемента вводить при помолке клинкера небольшое количество добавки гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) или других материалов, содержащих сульфат кальция. При затворении цемента водой сульфат кальция гипса реагирует с C_3A , связывая его в гидросульфоалюминат кальция, который осаждаясь на поверхности частиц C_3A в коллоидном тонкодисперсном состоянии, замедляет их гидратацию и продлевает схватывание цемента. Четырехкальциевый алюмоферрит по скорости твердения и прочности продуктов гидратации занимает промежуточное место между алитом и белитом.

В клинкере общестроительных цементов содержание C_3S находится в интервале 37–60 %, C_2S – 15–40 %, C_3A – 3–15 %, C_4AF – 10–18 % [3; 4].

При изложении учебного материала особый акцент следует сделать на том, что образующиеся при твердении C_3A и C_4AF гидроалюминаты кальция характеризуются повышенной пористостью и способны оказывать существенное неблагоприятное влияние на морозостойкость, объемные деформации и коррозионную стойкость цементного камня. Это вызывает необходимость нормирования минералогического состава клинкера цементов, предназначенных для бетонов специального назначения.

Нормирование минералогического состава клинкера цемента для бетона дорожных покрытий заключается в ограничении содержания в его составе трехкальциевого алюмината ($C_3A \leq 7$ %) и суммарного содержания трехкальциевого алюмината и четырехкальциевого алюмоферрита

($C_3A + C_4AF \leq 24\%$) и, наоборот, повышении количества трехкальциевого силиката ($C_3S \geq 55\%$). Первые два требования направлены на снижение пористости цементного камня и обеспечение высокой морозостойкости дорожного бетона, а последнее обусловлено тем, что, как уже отмечалось выше, именно алит в первую очередь обеспечивает достижение дорожным бетоном требуемой прочности в проектном возрасте.

Идентичные требования к минералогическому составу клинкера установлены в ГОСТ Р 55224-2020 на цемент для бетона аэродромных покрытий, что позволяет использовать данный вид специального цемента также и для изготовления дорожного бетона.

На основе портландцементного клинкера нормированного минералогического состава отечественные цементные заводы также производят сульфатостойкие типы цемента по ГОСТ 22266-2013. В данном случае ограничения по содержанию в клинкере C_3A направлены прежде всего на обеспечение повышенной коррозионной стойкости бетонных и железобетонных изделий при воздействии сред, агрессивных по содержанию сульфатов. Однако в результате, как правило, достигаются дополнительные эффекты снижения открытой пористости и, как следствие, повышения морозостойкости цементного камня. Это позволяет после соответствующей экспериментальной проверки рекомендовать некоторые типы сульфатостойких цемента для приготовления бетонных смесей, используемых в устройстве дорожных покрытий, особенно в случае угрозы сульфатной коррозии бетона в условиях эксплуатации (например, при наличии сульфатов натрия и кальция в грунтовых или сточных водах и др.).

Как уже отмечалось выше, еще одной мерой, направленной на обеспечение повышенной морозостойкости бетонов для дорожных покрытий, является ограничение содержания в вещественном составе цемента минеральных добавок. Тонкомолотые минеральные добавки повышают водопотребность цемента и, как следствие, повышают пористость цементного камня. Поэтому предпочтительнее применять перечисленные выше виды специальных цемента, не содержащие минеральные добавки [5; 6]. При изготовлении цемента для бетона дорожных покрытий в качестве основного компонента допускается использовать только обладающую гидравлическими свойствами добавку доменного гранулированного шлака в количестве не более 15 % суммарной массы его основных компонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каклюгин, А. В. Аспекты химической технологии в преподавании дисциплины «Строительные материалы» / А. В. Каклюгин // Методика преподавания химических и экологических дисциплин : сб. науч. ст.

Международ. науч.-метод. конф., Брест, 22–23 нояб. 2012 г. / БрГТУ, БрГУ им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГТУ, 2012. – С. 77–81.

2. Каклюгин, А. В. Проектирование состава цементного бетона для автомобильных дорог общего пользования : учеб. пособие / А. В. Каклюгин, И. В. Трищенко. – Ростов н/Д : ДГТУ ДГТУ, 2023. – 157 с.

3. Стройиндустрия и промышленность строительных материалов : энциклопедия / гл. ред. К. М. Михайлов. – М. : Стройиздат, 1996. – 296 с.

4. Семенов, В. С. Неорганические вяжущие вещества [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – М. : МГСУ, 2016. – Режим доступа: <https://bstudy.net/796133/estestvoznanie/primenenie>. – Дата доступа: 05.02.2024.

5. Каклюгин, А. В. Материалы для жилищного, промышленного и дорожного строительства : учеб. пособие / А. В. Каклюгин, И. В. Трищенко. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 260 с.

6. Каклюгин, А. В. Строительные растворы. Цементные бетоны. Асфальтобетон : практикум / А. В. Каклюгин, И. В. Трищенко. – Ростов н/Д : ДГТУ, 2018. – 195 с.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

В. В. КОВАЛЕНКО, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

В настоящее время в систему образования широко внедряется компетентностный подход. Поскольку важнейшими дидактическими вопросами являются: «Чему учить?», «Как учить?» и «Достигнуты ли цели обучения?», мы придерживаемся подхода, в соответствии с которым в модели химических компетенций выделяют три компонента: содержательный, процессуальный и контрольно-оценочный [1].

Структура предметной химической компетенции показана в таблице 1. В содержательном компоненте предметной химической компетенции нами выделены следующие модули: «Химический элемент», «Простое вещество», «Сложное вещество», «Химический эксперимент», «Математические расчеты», в процессуальном компоненте – модули «Формы обучения», «Методы обучения», «Средства обучения», в контрольно-оценочном компоненте – модули «Педагогический контроль» и «Самооценка» (таблица 1).

Таблица 1 – Структура предметной химической компетенции

Предметная химическая компетенция		
Содержательный компонент	Процессуальный компонент	Контрольно-оценочный компонент
Химический элемент Простое вещество Сложное вещество Химический эксперимент Математические расчеты	Формы обучения Методы обучения Средства обучения	Педагогический контроль Самооценка

Содержательный компонент предметной химической компетенции связан с содержанием конкретной дисциплины. Нами разработан содержательный компонент предметной химической компетенции применительно к различным химическим дисциплинам, изучаемым студентами специальности «Биология и химия» [2–5]. Показано, что предложенные содержательные модули являются универсальными и могут быть применены к различным химическим дисциплинам, изучаемым в учреждениях высшего образования. Примерная структура содержательного компонента предметной химической компетенции показана в таблице 2.

Таблица 2 – Примерная структура содержательного компонента предметной химической компетенции

Содержательный компонент				
Химический элемент	Простое вещество	Сложное вещество	Химический эксперимент	Математические расчеты
Знание квантово-механической модели строения атома	Умение трактовать реакцию способность и химические свойства простых веществ на основе строения их молекул	Умение определять типы химических связей, знание реакционной способности и химических свойств веществ	Навыки грамотного обращения с химической посудой, лабораторным оборудованием и реактивами	Умение проводить соответствующие расчеты

Структура процессуального компонента предметной химической компетенции показана в таблице 3. Содержательный модуль «Формы обучения» включает формы организации образовательного процесса со студентами. Применительно к содержанию предметной химической компетенции мы придерживаемся классификации И. Я. Лернера и

М. Н. Скаткина, в соответствии с которой выделяют методы обучения, исходя из характера учебно-познавательной деятельности обучающихся по овладению изучаемым материалом (объяснительно-иллюстративный, репродуктивный, метод проблемного изложения, частично-поисковый и исследовательский). Средства обучения включают в себя лабораторное оборудование, химическую посуду, реактивы, а также технические средства обучения (таблица 3).

Таблица 3 – Структура процессуального компонента предметной химической компетенции

Процессуальный компонент		
Формы обучения	Методы обучения	Средства обучения
Лекции	Объяснительно-иллюстративный	Лабораторное оборудование
Практические занятия	Репродуктивный	Химическая посуда
Семинары	Метод проблемного изложения	Реактивы
Лабораторные занятия	Частично-поисковый (эвристический)	Технические средства
Самостоятельная работа	Исследовательский	
Консультации		
Студенческие конференции		

В контрольно-оценочном компоненте нами выделены содержательные модули «Педагогический контроль» и «Самооценка» (таблица 4).

Таблица 4 – Структура контрольно-оценочного компонента предметной химической компетенции

Контрольно-оценочный компонент	
Педагогический контроль	Самооценка
Текущее наблюдение	Подготовка отчетов по лабораторным работам
Устный опрос	Подготовка ответов на вопросы для самоконтроля
Коллоквиум	Решение задач
Контрольная работа	
Оценка рефератов, мультимедийных презентаций	
Тестирование	

Модули «Педагогический контроль» и «Самооценка» включают в себя соответствующие мероприятия по контролю и самооценке учебной деятельности студентов (таблица 4). Задача педагогического контроля – не только определение уровня усвоения студентом учебного материала, но и своевременное выявление и устранение пробелов в компетенциях. Самооценка позволяет студенту диагностировать уровень подготовки, осмыслить результаты и выработать траекторию дальнейшей учебной деятельности.

Предложенная модель предметной химической компетенции может быть использована к различным химическим дисциплинам, изучаемым в учреждениях высшего образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усманова, В. Х. Развитие химических компетенций студентов в процессе профессиональной подготовки инженеров пищевых производств / В. Х. Усманова // Образование и саморазвитие. – 2007. – № 1. – С. 48–54.

2. Коваленко, В. В. Модель содержания предметной химической компетенции (на примере курса «Общая и неорганическая химия» в учреждениях высшего образования) / В. В. Коваленко, Н. С. Ступень // Пед. наука и образование. – 2019. – № 1 (26). – С. 58–61.

3. Ступень, Н. С. Формирование у студентов предметной химической компетенции при изучении химических дисциплин / Н. С. Ступень, В. В. Коваленко // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 3, Філалогія. Педагогіка. Псіхалогія. – 2019. – № 2. – С. 122–131.

4. Ступень, Н. С. Содержательный компонент модели предметной химической компетенции (на примере дисциплины «Аналитическая химия») / Н. С. Ступень, В. В. Коваленко // Свиридовские чтения : сб. ст. – 2020. – Вып. 16. – С. 178–185.

5. Коваленко, В. В. Структура и содержание предметной химической компетенции (на примере дисциплины «Основы химии полимеров») / В. В. Коваленко, Н. С. Ступень // Свиридовские чтения : сб. ст. – 2023. – Вып. 19. – С. 173–180.

[К содержанию](#)

УДК 373.57-054.6:54

Т. А. КОНЮШКО

Беларусь, Витебск, Витебский государственный
ордена Дружбы народов медицинский университет

ПРОПЕДЕВТИКА ХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ СЛУШАТЕЛЕЙ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ДОВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

На сегодняшний день в белорусских университетах отмечается устойчивая тенденция к увеличению численности иностранных граждан. Медицинское образование в Беларуси, которое славится своими глубокими

традициями, фундаментальностью и формирующими качественными профессиональными навыками в результате обучения, является особенно привлекательным для иностранных слушателей и студентов.

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет имеет большой опыт работы с иностранными гражданами. В сентябре 1981 года решением Министерства образования и Министерства здравоохранения СССР ВГМУ одним из первых получил право подготовки специалистов для зарубежных стран. Иностранные граждане получают в ВГМУ высшее медицинское и фармацевтическое образование по следующим специальностям: провизор, врач, врач-стоматолог. На сегодняшний день в медицинском университете обучаются более 1000 студентов из 44 стран ближнего и дальнего зарубежья, большую часть из которых составляют учащиеся из Юго-Восточной Азии, Африки, арабских стран, стран Латинской Америки, Франции, Швеции, Норвегии. Некоторые выпускники университета продолжают последипломное обучение в клинической ординатуре и магистратуре и успешно работают более чем в 100 странах мира.

Зачастую обучение иностранных граждан в высших учебных заведениях Республики Беларусь начинается с факультета довузовской подготовки. До поступления на первый курс в Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет иностранные слушатели проходят годичный курс обучения на подготовительном отделении факультета довузовской подготовки, где изучают такие базовые дисциплины, как русский язык, биология и химия. Изучение химии в учебный процесс включают, как правило, с середины октября учебного года. За это время иностранные слушатели должны овладеть основными терминами, понятиями, символикой, предусмотренными программой довузовской подготовки по каждой дисциплине, которые ранее изучались ими на протяжении 11–12 лет на родном языке. По результатам выпускных экзаменов обучающиеся зачисляются на первый курс ВГМУ, после чего они могут продолжить обучение в белорусском вузе на неродном языке.

Основными задачами на пропедевтическом этапе изучения химии в системе обучения довузовской подготовки являются:

– изучение важнейших понятий, законов, теорий и методов химической науки во взаимосвязи с профильным содержанием по дисциплинам «Медицинская химия», «Биоорганическая химия», которые изучаются на первом курсе стоматологического, лечебного и фармацевтического факультетов на кафедре общей и органической химии;

– формирование у иностранных слушателей целостной системы научных химических знаний как компонента единой естественно-научной картины мира;

– развитие мышления, формирование умений самостоятельно приобретать и комплексно применять знания по химии для объяснения наблюдаемых явлений и закономерностей;

– развитие творческих способностей и формирование у иностранных граждан познавательного интереса к предмету «Химия» как к одной из естественных наук.

Для повышения у иностранных слушателей мотивации к изучению предмета «Химия» необходимо использовать все возможные методы организации для осуществления продуктивной учебной деятельности: словесные, наглядные, практические, репродуктивные и поисковые методы, методы учебной самостоятельной работы, а также работы под руководством преподавателя.

Также в работе следует использовать элементы педагогических технологий (интерактивных, технологии сотрудничества), позволяющие реализовать потенциал каждого иностранного слушателя, способствующие развитию коммуникативных, речевых умений, повышающие уровень активности иностранных граждан на занятии. Элементы проблемного обучения позволяют организовать обучение, при котором преподаватель обеспечивает оптимальное сочетание самостоятельной деятельности с усвоением новых знаний.

Одним из способов, стимулирующих активность иностранных слушателей, является решение задач, условие которых связано с повседневной жизнью, с медициной, решение которых может пригодиться на практике, в быту и, конечно же, для будущей профессии врача. На занятиях по химии можно использовать следующие задачи с медицинским содержанием, которые помогают формировать универсальные учебные действия:

1. 5 %-й раствор глюкозы ($M(C_6H_{12}O_6) = 180$ г/моль) применяют для восполнения жидкости в организме и как источник легкоусвояемого углевода. Вычислите молярную концентрацию в растворе с массовой долей глюкозы 5 % ($\rho = 1,02$ г/мл).

2. Концентрированные растворы $KMnO_4$ вызывают ожоги слизистой оболочки полости рта, пищевода, желудка. В качестве «противоядия» при таких ожогах используют раствор, в 1 л которого содержится 50 мл 3 %-го раствора пероксида водорода и 100 мл 3 %-го водного раствора уксусной кислоты. Рассчитайте объем газа (н.у.), который выделяется при обработке 0,158 г $KMnO_4$ избытком такого раствора.

3. Раствор Люголя, применяющейся в ЛОР-практике для смазывания слизистой оболочки полости рта и горла, содержит в 17 мл воды 1 г йода и 2 г йодида калия. Рассчитайте массовые доли йода и йодида калия в растворе Люголя.

4. В желудочном соке человека массовая доля соляной кислоты составляет в среднем 0,5 %. Сколько моль HCl содержится в 500 г желудочного сока?

5. «Свинцовый сахар» – тригидрат ацетата свинца (II) $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ – входит в состав «свинцовой примочки» – раствора, который обладает охлаждающим, вяжущим и противомикробным действием и незаменим при ушибах. Рассчитайте: а) массу воды в 1 моль этой соли; б) количество и число атомов кислорода и водорода в том же количестве соли.

При проверке умений иностранных слушателей составлять формулы солей, описывать классификацию основных классов неорганических соединений можно использовать следующие задания с медицинской направленностью:

1. Микстура Бехтерева используется как успокаивающее средство. В ее состав входят бромид натрия, бромид калия, бромид аммония. Составьте формулы этих веществ. К какому классу веществ они относятся?

2. Для лечения и профилактики гипертонии (повышенного артериального давления) используется гиперсол. В его состав входят хлорид натрия, сульфат натрия, ортофосфат натрия, гидрокарбонат натрия, иодид натрия, хлорид калия, вода. Составьте формулы веществ, входящих в это лекарственное средство.

3. Ацетилсалициловая кислота (аспирин) – лекарственное средство, оказывающее анальгезирующее (обезболивающее), жаропонижающее, противовоспалительное действие. Установите молекулярную формулу аспирина, если известно, что массовые доли углерода, водорода и кислорода в нем равны соответственно 60,00 %; 4,44 % и 35,56 %.

Основной целью факультета довузовской подготовки и кафедры общей и органической химии в медицинском университете является создание условий для самореализации личности, удовлетворения образовательных потребностей каждого иностранного слушателя в соответствии с его наклонностями и возможностями, что будет способствовать формированию интереса к будущей профессии врача или провизора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конюшко, Т. А. Пропедевтика в системе обучения учебному предмету «химия» иностранных слушателей подготовительного отделения в медицинском университете / Т. А. Конюшко, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации [Электронный ресурс] : материалы 77-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 26–27 янв. 2022 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т ; редкол.

А. Т. Щастный (пред.) [и др.]. – Витебск : ВГМУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Конюшко, Т. А. Организация профориентационной работы с иностранными слушателями подготовительного отделения в медицинском университете / Т. А. Конюшко // Качественное профессиональное образование: современные проблемы и пути решения : материалы XIII науч.-метод. онлайн-конф. с междунар. участием, Кемерово, 22 дек. 2021 г. / ФГБОУВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 402–407.

3. Конюшко, Т. А. Применение информационных технологий для диагностики знаний по учебному предмету «химия» у иностранных слушателей подготовительного отделения в медицинском университете / Т. А. Конюшко // Качественное профессиональное образование: современные проблемы и пути решения : материалы XIII науч.-метод. онлайн-конф. с междунар. участием, Кемерово, 22 дек. 2021 г. / ФГБОУВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 423–430.

4. Конюшко, Т. А. Организация управляемой самостоятельной работы иностранных слушателей подготовительного отделения при изучении дисциплины «Химия» / Т. А. Конюшко, Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 76-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 28–29 янв. 2021 г. / под ред. А. Т. Щастного. – Витебск : ВГМУ, 2021. – С. 343–345.

[К содержанию](#)

УДК 373.57-054.6:54

З. С. КУНЦЕВИЧ

Беларусь, Витебск, Витебский государственный
ордена Дружбы народов медицинский университет

УПРАВЛЕНИЕ ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТОЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ» В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В образовательном процессе учреждения высшего образования самостоятельная работа студентов является одним из наиболее важных средств активизации учебной деятельности. Правильно организованная самостоятельная учебная деятельность обучаемых позволяет не только формировать определенные знания и умения по дисциплине, но и развивать способности студентов и формировать потребность в получении

и усвоении информации, необходимой в будущей профессиональной деятельности.

Организация самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Медицинская химия» определяется тем, что данная дисциплина является по своей структуре и содержанию достаточно сложной и включает основы общей, аналитической, физической и коллоидной химии с профильной направленностью [1].

На основе анкетирования студентов первого курса, обучающихся по специальностям «Лечебное дело» и «Стоматология», нами установлено, что большинство студентов испытывают затруднения в подготовке к практическим занятиям, итоговым и контрольным работам, где требуется усвоение большого объема информации. Студенты встречают трудности в работе на лабораторно-практических занятиях, так как у них отсутствуют необходимые практические умения и навыки. Студенты-первокурсники часто объясняют свои неудачи тем, что они не умеют правильно организовать свою самостоятельную внеаудиторную работу.

С целью управления самостоятельной внеаудиторной работой студентов нами разработаны методические указания для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Медицинская химия» и создан электронный учебно-методический комплекс.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов по дисциплине «Медицинская химия» используются следующие виды заданий:

- изучение информационного материала, представленного в виде текста в учебнике, курсе лекций, электронном учебнике и др.;
- подготовка к учебно-исследовательской работе, выполняемой на практическом занятии;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- ответы на контрольные вопросы;
- решение тестовых заданий;
- решение задач и упражнений по образцу;
- решение задач и упражнений различного уровня сложности;
- решение ситуационных задач (с профессиональным содержанием).

Эффективность организации самостоятельной работы студентов достигается за счет включения в методические указания для подготовки к занятиям:

- системы заданий различного уровня сложности для индивидуальной работы студентов по всем разделам учебной программы по дисциплине;

- системы учебно-исследовательских работ, подготовка к которым требует самостоятельной деятельности студентов по изучению учебной литературы, составлению протокола исследования;

- реализации преемственности между содержанием заданий для самостоятельной работы студентов по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, методами их решения, что обеспечивает практическую и профессиональную направленность образовательного процесса.

Создание и использование при управлении самостоятельной работой студентов электронных учебно-методических комплексов, позволяющих постоянно обновлять необходимую информацию, включая как теоретический материал, так и ситуационные задачи и упражнения, усилить взаимосвязи общепрофессиональных и специальных дисциплин, также направлено на формирование умений самообразовательной деятельности студентов [2].

ЭУМК по дисциплине «Медицинская химия» выступает в качестве важного средства управления внеаудиторной самостоятельной работой студентов. В ходе реализации самостоятельной работы на основе использования ЭУМК у студентов в течение изучения дисциплины формируются умения поиска информации для формулировки правильных ответов на поставленные вопросы, расчетов, решений ситуационных задач; навыки оформления протокола для учебного исследования.

При разработке ЭУМК по дисциплине «Медицинская химия» на кафедре общей и органической химии ВГМУ определены и учтены:

- основные направления, содержание, формы и методы подготовки студентов к самостоятельной деятельности по изучению программного материала;

- конкретное содержание и объем материала, подлежащий самостоятельному изучению в соответствии с учебной программой.

По каждой теме дисциплины ЭУМК включает задания для самостоятельной работы студентов, которые представлены в виде упражнений и ситуационных задач.

При подготовке к итоговым занятиям и контрольным работам студенты имеют возможность проработать самостоятельно упражнения и задачи различного уровня сложности, повторить теоретический материал, а также выполнить тестовые задания по изученным темам.

Опыт работы по организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов по дисциплине «Медицинская химия» показывает, что эффективность формирования умений самообразовательной деятельности у студентов достигается при реализации следующих условий:

- создание системы необходимого информационно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов;

- разработка инструментария для диагностики сформированности готовности студентов к выполнению заданий для самостоятельной работы;
- создание системы разноуровневых заданий и ситуационных задач для самостоятельной работы, направленных на формирование у студентов при изучении дисциплины «Медицинская химия» профессионально значимых знаний и умений;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменкова, Н. В. Реализация интегративного подхода в процессе преподавания дисциплины «Медицинская химия» / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Качественное профессиональное образование: современные проблемы и пути решения : материалы XIII науч.-метод. онлайн-конф. с междунар. участием, Кемерово, 22 дек. 2021 г. / ФГБОУВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 134–137.

2. Деменкова, Н. В. Использование информационных технологий для диагностики сформированности межпредметных знаний в процессе преподавания дисциплины «Медицинская химия» / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Медицинское образование XXI века: информационные компьютерные технологии при подготовке медицинских кадров : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 23 дек. 2021 г. / под ред. А. Т. Щастного. – Витебск : ВГМУ, 2021. – С. 134–137.

[К содержанию](#)

УДК 373.57-054

З. С. КУНЦЕВИЧ, Е. А. ГУСАКОВА, О. А. ШАЛХА

Беларусь, Витебск, Витебский государственный
ордена Дружбы народов медицинский университет

СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ АНГЛОГОВОРЯЩИХ СТУДЕНТОВ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Необходимым условием усвоения профессиональных знаний и формирования практических умений у студентов фармацевтического факультета является использование различных средств обучения при изучении дисциплин химического модуля учебного плана специальности «Фармация», в том числе и дисциплины «Общая и неорганическая химия» в медицинском университете.

При изучении дисциплины «Общая и неорганическая химия» у будущих провизоров формируются знания, необходимые им для объяснения физико-химической сущности и механизмов на молекулярном и клеточном уровнях процессов, происходящих в человеческом организме, и умения для выполнения в необходимых случаях количественных расчетов этих процессов. Знания, формируемые в процессе изучения дисциплины «Общая и неорганическая химия», позволяют будущему специалисту фармацевтической отрасли понимать сущность действия лекарственных препаратов, прогнозировать физиологические, токсикологические и фармакологические свойства различных соединений, описывать химические процессы, происходящие при фармацевтическом анализе лекарственных средств. В связи с этим актуальным становится отбор средств обучения, способствующих формированию профессионально значимых знаний и умений студентов.

Основными средствами реализации профессиональной направленности обучения дисциплине «Общая и неорганическая химия» студентов фармацевтического факультета на практических занятиях являются: ситуационные задачи, тестовые задания, информационный материал из профессиональных дисциплин. В Витебском государственном медицинском университете ежегодно на фармацевтическом факультете обучаются англоговорящие иностранные студенты. Поэтому важной задачей преподавателей является разработка ситуационных задач, тестовых заданий на английском языке для реализации профессиональной направленности обучения химическим дисциплинам.

В качестве примера приведем содержание ситуационных задач, тестовых заданий и информационного материала, используемых в практике обучения англоговорящих студентов при изучении раздела «Химия элементов»:

a) Potassium acetate salt is applied as a diuretic remedy at edemas, bounded with infringement of a circulation, thus 30g CH_3COOK dissolve in 200 ml of water. Calculate a percent by mass of these solution and daily dose of a drug, if it is accepted by 5 times per day on 1 restaurant to a spoon (20g).

b) The energy expenditures of an organism at parenteral power supply of the patients in a postoperative period coat with intravenous introduction 1,5 l per day of a solution for hiperalimentation: a glucose 400g/l, KCl - 5,0 g/l, NaCl - 2,1g/l, CaCl_2 - 1,0 g/l, KH_2PO_4 - 0,2 g/l. Define a percent by mass (%) of potassium chloride in this solution. What quantity (mmol) of ions Ca^{2+} will be injected to the patient? (density is equal 1,2 g/ml).

c) Calcium chloride CaCl_2 has received wide application as antiallergic and antiedematous drugs. Antiallergic property of calcium is caused by that it depresses a permeability of walls of capillaries. Calculate mass of $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and water that need for preparation 250 ml 4% solution (density is equal to 1g/cm^3).

Для самоконтроля подготовленности к практическим занятиям по дисциплине «Общая и неорганическая химия» англоговорящим студентам в системе дистанционного обучения предлагается выполнить тестовые задания с профессионально направленным содержанием. Приведем примеры некоторых из них:

1. *Living in atmosphere of CO is dangerous because it:*
 - a) reduced organic matter of tissues;
 - b) dries up the blood;
 - c) combines with O_2 present inside to form CO_2 ;
 - d) combines with hemoglobin and makes it incapable to absorb oxygen.
2. *The gas is commonly used in anaesthesia:*
 - a) Methane;
 - b) Nitrogen;
 - c) Hydrogen peroxide;
 - d) Nitrous (I) oxide.
3. *What element is part of thyroid hormones?*
 - a) Aluminum;
 - b) Iodine;
 - c) Bromine;
 - d) Chlorine.
4. *The element present in the hemoglobin of blood is*
 - a) Fe;
 - b) Cu;
 - c) Na;
 - d) Al.
5. *Pick out the metal ion present in Vitamin B₁₂*
 - a) Ca;
 - b) Co;
 - c) Fe;
 - e) Mg.

Представленные ситуационные задачи, тестовые задания, работа с информационными материалами из профильных дисциплин позволяют англоговорящим студентам первого года обучения прочувствовать важность и необходимость изучения химических дисциплин для будущей практической деятельности провизора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменкова, Н. В. Реализация интегративного подхода в процессе преподавания дисциплины «Медицинская химия» / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Качественное профессиональное образование: современные проблемы и пути решения : материалы XIII науч.-метод. онлайн-конф. с междунар. участием, Кемерово, 22 дек. 2021 г. / ФГБОУВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 134–137.

2. Деменкова, Н. В. Контекстный подход к преподаванию дисциплины «Медицинская химия» [Электронный ресурс] / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 77-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 26–27 янв. 2022 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. Т. Щастный (пред.) [и др.]. – Витебск : ВГМУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

[К содержанию](#)

УДК 373.57-054

З. С. КУНЦЕВИЧ, Н. В. ДЕМЕНКОВА, Т. А. КОНЮШКО

Беларусь, Витебск, Витебский государственный
ордена Дружбы народов медицинский университет

**РОЛЬ И МЕСТО КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА
В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ХИМИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ**

Одной из актуальных проблем в исследованиях по теории и методике профессионального образования является проблема формирования профессиональной компетентности у будущих специалистов как свойства личности, так как компетентность специалиста является важным условием успешной профессиональной деятельности.

Важной задачей, решаемой учреждением высшего профессионального образования, является формирование профессиональной компетентности. Структурные и содержательные компоненты профессиональной компетентности зависят от типа и специфики выполняемой профессиональной деятельности.

Основные группы компетенций, формируемых при освоении образовательных программ по различным специальностям высшего образования, определены в образовательном стандарте высшего образования Республики Беларусь по той или иной специальности.

Важным для подготовки специалиста любого профиля является формирование универсальных и базовых профессиональных компетенций, обозначенных во всех стандартах высшего образования Республики Беларусь по медицинским специальностям.

Сформированность универсальных компетенций у будущего специалиста медицинского профиля проявляется: в умении применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач; в овладении системным и сравнительным анализом; владении исследовательскими навыками; в умении работать самостоятельно; в способности порождать новые идеи (обладать креативностью); в владении междисциплинарным подходом при решении проблем; в наличии навыков устной и письменной коммуникации, включая коммуникацию на иностранном языке, владении профессиональной и научной лексикой; в умении учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

В зависимости от специальности базовые профессиональные компетенции специалиста медицинского профиля отличаются по содержанию и характеризуют различные виды профессиональной деятельности [1].

В модели подготовки будущих врачей и провизоров каждая дисциплина обеспечивает решение определенных задач. Преподавание химических дисциплин в медицинском университете ставит своей целью дать студентам определенный объем химических знаний на современном научном уровне и сформировать базовые профессиональные компетенции, необходимые им для последующего глубокого, осмысленного изучения общепрофессиональных дисциплин, являющихся непосредственной базой для усвоения профессиональных дисциплин [2]. Важными из них являются следующие: использовать знания о современных химических и физико-химических методах анализа биологических жидкостей, растворов лекарственных веществ и биополимеров для произведения расчетов на основании проведенных исследований; оценивать свойства природных и синтетических органических соединений, потенциально опасных для организма человека веществ, прогнозировать их поведение в биологических средах; применять знания основных физических, химических и биологических закономерностей для контроля качества лекарственных средств и лекарственного растительного сырья (для студентов, обучающихся на фармацевтическом факультете).

На первом курсе фармацевтического факультета студенты изучают дисциплину «Общая и неорганическая химия». В результате изучения этой дисциплины сформированность базовой профессиональной компетенции проявляется в следующих умениях: самостоятельно работать со справочной и учебной литературой по химии; работать с химическими реактивами, приборами и пользоваться химической посудой с соблюдением

правил техники безопасности; рассчитывать энергетические характеристики химических процессов, прогнозировать направление их протекания, рассчитывать равновесные концентрации вещества по известным исходным концентрациям и константе химического равновесия; количественно определять компоненты растворов с заданной концентрацией и готовить растворы определенной концентрации; давать количественную оценку коллигативных свойств растворов неэлектролитов и электролитов; предсказывать влияние растворителя (среды) на протекание физико-химических процессов, предсказывать образование осадка при сливании растворов известной концентрации; применять закон действия масс к ионным равновесиям в растворах для решения профессиональных задач; прогнозировать вероятные продукты окислительно-восстановительных взаимодействий и превращений веществ, использовать численные значения стандартных окислительно-восстановительных потенциалов для оценки окислительно-восстановительной способности веществ, составления уравнений окислительно-восстановительных реакций в молекулярной и ионной формах и проведения количественных расчетов по уравнениям реакций; прогнозировать на основании периодического закона Д. И. Менделеева и строения электронных оболочек атомов свойства атомов химических элементов, строение и свойства их соединений, применяемых в фармации, и решать соответствующие этим превращениям количественные задачи; применять свойства химических элементов и их соединений для решения профессиональных задач, учитывать свойства и реакционную способность соединений для оценки химической совместимости лекарственных средств; проводить простой учебно-исследовательский эксперимент на основе овладения основными приемами техники работ в лаборатории, выполнять расчеты, оформлять результаты, формулировать выводы.

Анализ результатов учебной деятельности студентов первого курса показывает, что для достижения эффективности образовательного процесса в учреждении высшего образования необходима ориентация с начального этапа обучения на достижение результатов, выраженных в форме универсальных и базовых профессиональных компетенций, при этом для обучающихся должна быть создана оптимальная образовательная среда, позволяющая учиться поиску, обработке и использованию информации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменкова, Н. В. Реализация интегративного подхода в процессе преподавания дисциплины «Медицинская химия» / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Качественное профессиональное образование: современные проблемы и пути решения : материалы XIII науч.-метод.

онлайн-конф. с междунар. участием, Кемерово, 22 дек. 2021 г. / ФГБОУВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 134–137.

2. Деменкова, Н. В. Контекстный подход к преподаванию дисциплины «Медицинская химия» [Электронный ресурс] / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 77-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 26–27 янв. 2022 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. Т. Щастный (пред.) [и др.]. – Витебск : ВГМУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

[К содержанию](#)

УДК 371.3

С. М. ЛЕНИВКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ IN VITRO ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Практико-ориентированная направленность образовательного процесса предполагает как актуализацию развития у студентов интереса к современным тенденциям биологической науки, так и создание условий для овладения обучающимися методологией научных исследований. В рамках направления биоиндустрия разрабатываются проекты по созданию и совершенствованию биотехнологического комплекса по микрклональному размножению хозяйственно полезных растений. Развитие этой новой технологии несомненно требует от вузов подготовки востребованных компетентных специалистов, способных осуществлять профессиональную деятельность в научно-исследовательских и научно-производственных учреждениях, на предприятиях агропромышленного комплекса, организациях сферы охраны окружающей среды.

В УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» большое внимание уделяется совершенствованию качества образовательного процесса. При составлении учебных планов специальностей обращается внимание на специфику развития Брестской области с исторически сложившейся аграрной специализацией экономики, на современные тенденции развития прикладных научных исследований и высокотехнологических производств Республики Беларусь, а также рынок труда и потенциальные сферы трудоустройства выпускников.

Поэтому включение в учебные планы дисциплин, формирующих специальные компетенции на основе реализации регионального принципа, является актуальной.

На факультете естествознания БрГУ имени А. С. Пушкина в учебном плане специальности 6-05-0511-01 «Биология» на первом курсе во втором семестре в модуле «Фундаментальная и прикладная биология клетки» компонента учреждения образования предусмотрена учебная дисциплина «Основы клеточной инженерии растений».

Задачи учебной дисциплины:

- способствовать формированию у студентов научного взгляда на технологические процессы, основанные на культивировании органов, тканей и клеток растений в условиях *in vitro*;
- расширить профессиональный кругозор будущих специалистов по актуальным направлениям современных биологических исследований и их прикладным аспектам;
- создать условия для овладения студентами методологией организации исследований при работе с клеточными культурами растений и возможности их использования на биотехнологическом производстве;
- развивать ценностно-личностный потенциал, социально значимые качества у обучающихся, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социальной жизни страны.

В разработанной учебной программе дисциплины отражены общие принципы и подходы, связанные с выбором и подготовкой к культивированию растительных эксплантов, составлением и приготовлением питательных сред, рассмотрены типовые приборы, используемые при работе с клеточными культурами. Наряду с общими теоретическими вопросами большое внимание уделено практическому использованию методов клеточных культур в изучении процессов морфогенеза и регенерации.

Имеющаяся на кафедре зоологии, генетики и химии коллекция растений, культивируемых в условиях *in vitro*, эффективно используется в процессе преподавания данной дисциплины при формировании специализированной компетенции (СК-2. Применять знания в области фундаментальной биологии и прикладной биологии клеток, биологии развития для решения задач клеточной инженерии, биотехнологии, медицины). Нами разработаны возможные направления использования коллекции растений *in vitro* для достижения следующих практических результатов:

- 1) раскрытие на конкретных примерах практического значения методов культивирования растений *in vitro*;

2) овладение навыками постановки эксперимента и обработки его результатов, а также теоретической информации по физиологическим аспектам жизнедеятельности растений в культуре *in vitro*.

Одним из примеров, демонстрирующих важность освоения и практического применения методов культивирования растений *in vitro*, является декоративное цветоводство. По мнению специалистов, цветоводство Республики Беларусь как отрасль экономики прошло этап становления и формирования, сложились укрупненные цветочные группы и их структура, отработан путь от производителя до покупателя, найдены определенные ниши для реализации продукции, наблюдается переход отрасли на этап развития, о чем свидетельствует практически ежегодное увеличение объемов цветочного рынка [1]. Потребности рынка стимулируют государственные и фермерские предприятия к освоению инновационного опыта, экспериментальным исследованиям в создании единой технологической цепочки по микрклональному размножению, адаптации и выращиванию растений, что позволит наладить собственное производство декоративных растений в горшках, расширить ассортимент выращиваемых цветов на срез. В этой связи в нашу коллекцию растений *in vitro* включены наиболее ценные цветочные культуры – розы [2] и орхидеи [3] – для использования их в образовательном процессе при формировании у студентов навыков методологических приемов пробирочного способа размножения.

Овладение студентами и магистрантами навыками постановки эксперимента и обработки его результатов по физиологическим аспектам жизнедеятельности растений в культуре *in vitro* происходит преимущественно на новых малораспространенных культурах, в частности актинидии, жимолости, ежевике, малинно-ежевичных гибридах. Это привлекательные по своим характеристикам, вкусовым качествам, декоративным свойствам, а также вполне подходящие к нашему климату нетрадиционные ягодные культуры.

Разработка приемов клонального микроразмножения новых культур будет способствовать их внедрению в производственное выращивание в питомниках, а также заложит основу для получения гарантировано безвирусного исходного материала. Все перечисленное соответствует принципам «зеленой экономики» и направлено на обеспечение устойчивого развития экономики нашей страны в современных условиях. Однако ввиду большого многообразия ответных реакций растений в культуре *in vitro* этап собственно микрклонального размножения требует оптимизации условий культивирования, адаптации протоколов питательных сред, подбор оптимальных концентраций фитогормонов не только для представителей разных видов, но и отдельно взятых сортов.

Эти вопросы требуют разрешения и позволяют формировать тематику курсовых и дипломных работ, магистерских диссертаций. Полученный опыт в проведении научных исследований поможет молодому специалисту в дальнейшем сосредоточить свои усилия в актуальных направлениях научно-педагогической деятельности, определяемых потребностями региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатович, Е. А. Цветочный рынок Беларуси: динамика развития / Е. А. Игнатович // Беларусь. думка. – 2013. – № 4. – С. 77–81.
2. Ленивко, С. М. О перспективности технологии микрклонального размножения для промышленного розоводства / С. М. Ленивко // Вучон. зап. : зб. навук. прац Брэсц. ун-та. – 2018. – Вып. 14, ч. 2. – С. 82–88.
3. Ленивко, С. М. Индукция соматического эмбриогенеза у различных эксплантов фаленопсиса гибридного / С. М. Ленивко, А. С. Карунос // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 2. – С. 53–60.

[К содержанию](#)

УДК 378.147:001.89-057.875:54:378.4(476.2)

Т. В. МАКАРЕНКО¹, В. С. АВЕРИН²

¹Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

²Беларусь, Гомель, ГомГМУ

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ В ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ НА КАФЕДРЕ ХИМИИ

Высшее образование всегда предполагает существенную подготовку молодых специалистов в области исследовательской составляющей для дальнейшего обучения в магистратуре, аспирантуре или для применения полученных умений и навыков при выполнении самостоятельной научной работы в научно-исследовательских организациях и школьных лабораториях. В этой связи исследовательская работа в вузе должна быть не столько академической, сколько практико-ориентированной. Для эффективного привлечения к исследовательской работе студентов, особенно на естественнонаучных кафедрах, целесообразно подключать студентов и магистрантов к выполнению научных проектов, над которыми работают сотрудники кафедры и факультета. Студентам для успешного выполнения научной работы необходимо использовать знания, полученные при изучении всего спектра дисциплин факультета. Одна из

главных задач высшей школы – научить студентов применять широкие теоретические и практические знания в рамках специализированной части конкретной области исследований, особенно при проведении самостоятельных исследований либо в научных лабораториях НИИ, либо совместно с учащимися в школьных лабораториях и лабораториях технопарков.

На кафедре химии биологического факультета ГГУ имени Ф. Скорины создаются творческие научные коллективы, состоящие из студентов разных курсов, магистрантов и преподавателей, выполняющих научные исследования по темам, имеющим научно-практическую значимость не только для региона, но и для республики в целом. В созданных научных коллективах участники выполняют исследования, начиная с подготовки обзора литературы, проведения аналитических работ и обработки полученных данных, которые в дальнейшем будут включены в научный отчет кафедры и научного коллектива, занимающегося данной проблемой. Полученные студентами и магистрантами результаты научных исследований могут быть использованы не только для написания материалов студенческих конференций и квалификационных работ, но и для решения конкретных практических задач изучаемого региона, для разработки стратегий по использованию материальных ресурсов региона. Такая форма совместной работы студентов с учеными-практиками гораздо более эффективна, чем самостоятельная работа студента над темами курсовых, дипломных и даже магистерских работ, практическое применение результатов которой они до конца не представляют. Именно поэтому многие студенты не относятся должным образом к выполнению научных работ и очень поверхностно знают проблему, которую изучают, что показывают ответы студентов и на защите курсовых и дипломных работ. Не имеет большой эффективности выполнение студентами исследований в процессе прохождения учебных и производственных практик, где они выполняют только определенную часть научного задания, не всегда представляя конечный результат всего исследования. Тесная работа студентов с преподавателями в научных коллективах над научной тематикой кафедры позволяет вузу готовить специалистов, отвечающих требованиям научных учреждений региона, и формировать компетенции профессионального мировоззрения и определенного уровня научной культуры.

При работе творческого научного коллектива идет совместно с преподавателем осмысление проблемы исследований, обоснование оптимального решения проблемы, коллективное планирование работы, и, конечно, коллективная реализация плана. Работа в коллективе стимулирует работу каждого участника, так как от своевременного выполнения задания одного студента зависит работа целого коллектива,

в том числе и научной работы преподавателя, руководящего творческим коллективом. Для эффективной и слаженной работы участников научного коллектива задания, предлагаемые студентам, составляются руководителем таким образом, чтобы каждый студент, работающий в коллективе, мог реализовать свои не только профессиональные, но и творческие компетенции. Научившись качественно выполнять отдельные виды работ, участники коллектива помогают другим выйти на высокий уровень исполнения заданий такого рода. Это необходимо для молодого специалиста как в будущей профессиональной, так и в научной деятельности, даже если студенты не выберут в дальнейшем научную стезю, а предпочтут работу учителя в школе. Даже если выбор студентов после окончания вуза будет сделан не в пользу науки, умение проводить научные исследования в коллективе будут использованы ими при подготовке ученических научных и творческих работ на различные научные конференции, а также при подготовке учеников школ к предметным олимпиадам. Учащиеся школ принимают участие в олимпиадах экологической направленности, подготовкой к олимпиадам занимаются учителя географии, химии, биологии. Опыт работы в научном коллективе, приобретенный в процессе учебы в вузе, помогает молодым учителям. Работа научного коллектива должна предусматривать широкое использование активных форм внеаудиторной работы – семинар в диалоговом режиме, разбор конкретных ситуаций, деловые и ролевые игры, групповые дискуссии и другие формы работы с целью формирования и развития профессиональных и творческих компетенций будущих молодых специалистов.

Целесообразность включения в научные группы магистрантов обусловлено следующими причинами: 1) магистранты имеют опыт в выполнении курсовых и дипломных работ и могут показать мастер-класс студентам младших курсов в подборе и оформлении литературы, подсказать особенность постановки эксперимента для выполнения практической части работы и математические методы обработки результатов анализа – метод, когда «равный обучает равного», всегда приносит хорошие результаты; 2) магистранты могут проконтролировать данные, полученные в студенческом эксперименте и подсказать, где необходимо провести дополнительные исследования, какие результаты не могут быть включены в единый банк данных научной работы, в каком виде лучше представить данные исследований для отчета; 3) магистранты помогают студентам в подготовке докладов к научным отчетам и защитам курсовых работ. Работа магистрантов со студентами значительно ускоряет процесс выполнения научной темы всего коллектива, дисциплинирует работу студентов младших курсов и дает возможность преподавателями

больше внимания уделить работе со студентами и магистрантами над научными статьями, развивать у них умение логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, развивать способность профессионально представлять и грамотно оформлять результаты научно-исследовательской работы. У магистрантов, в свою очередь, работа со студентами развивает: 1) способность последовательно оценивать собственное обучение и определять потребности в обучении для его продолжения; 2) способность организовать эффективную работу команды; 3) способность к принятию управленческих решений.

Один раз в семестр подводятся итоги работы научного коллектива в форме защиты каждым участником выполненной части работы по научной теме с привлечением преподавателей кафедры, работающих по другим тематикам. Студенты, магистранты и молодые преподаватели приобретают навыки публичного выступления и ведения дискуссии на профессиональные темы, овладевают профессиональной терминологией, учатся понимать и анализировать социальные, экономические и экологические последствия своей профессиональной деятельности.

Таким образом, вовлечение студентов и магистрантов в процесс исследовательской деятельности способствует повышению качества подготовки специалистов как творческой личности, способной ставить и решать задачи в интересах общества.

[К содержанию](#)

УДК 378.14:54

**И. Е. МАЛАШОНОК, С. Л. РАДЧЕНКО, Н. А. ГВОЗДЕВА,
В. А. АШУЙКО, О. И. САЛЫЧИЦ**
Беларусь, Минск, БГТУ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ К ЦТ И ЦЭ ПО ХИМИИ

В Белорусском государственном технологическом университете постоянно ведется работа по подготовке абитуриентов, занимающихся на подготовительном отделении, к предстоящему централизованному тестированию и централизованному экзамену. В последние годы из-за пандемии коронавирусной инфекции стратегическим направлением развития качества образования являются дистанционные образовательные технологии, создание электронных образовательных ресурсов. В БГТУ широкое использование дистанционного обучения, организация

внеаудиторной самостоятельной работы студентов показали хорошие результаты [1–3].

Для слушателей подготовительного отделения в университете также функционирует система дистанционного обучения на основе веб-приложения Moodle, в которой преподавателями кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники создан электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Химия», включающий:

1) теоретический материал, примеры решения типовых задач и заданий с подробным разбором решения;

2) видеоматериалы, способствующие более глубокому освоению теоретического материала;

3) задания для самостоятельной работы учащихся, тренировочные тесты и индивидуальные контрольные задания, в том числе с ограничениями по времени и дате выполнения.

4) задания типа «Эссе» с возможностью ввода текста и загрузки файлов с компьютера учащегося, при проверке которого преподаватель может не только выставить оценку за работу, но и добавить свои комментарии.

Существенной потребностью каждого выпускника является необходимость освоения навыков самостоятельной работы, умения самому ставить перед собой цель обучения, продуктивно организовывать свое время и осуществлять решение поставленных задач на любых уровнях сложности.

Хорошие результаты показывает работа абитуриентов в среде Moodle в комбинации с традиционной формой обучения. На занятиях происходит подробное рассмотрение и объяснение теоретического материала, производится подробный разбор решения типовых задач.

Использование дистанционных образовательных технологий на базе LMS Moodle дает возможность преподавателю быстро и объективно оценивать знания учащихся путем проведения промежуточных аттестаций при выполнении контрольных онлайн-заданий. ЭУМК постоянно обновляется и совершенствуется.

В ряде групп для абитуриентов, проживающих далеко от Минска, проводятся дистанционные курсы подготовки к экзамену по химии. Такие курсы могут помочь учащимся из разных населенных пунктов, у которых нет возможности посещать подготовительные курсы в университетах, подготовиться к поступлению в высшие учебные заведения. В настоящее время дистанционная форма подготовки к экзамену очень востребована. Интерес к ней постоянно растет.

Важную роль в изучении химических дисциплин играет приобретение навыков и их закрепление путем выполнения многочисленных заданий и тестов. Составление электронных конфигураций атомов элемен-

тов, формул химических соединений, уравнений химических реакций, предсказание продуктов реакции, приобретение навыков стехиометрических расчетов, вычисление выхода продукта и т. д. – все это навыки, которые приобретаются путем практики при выполнении домашних заданий самостоятельно. Домашние задания, содержащиеся в электронном учебном курсе, включают задачи, тренировочные тесты, индивидуальные контрольные задания различного уровня сложности. Качественное выполнение домашних заданий гарантирует абитуриенту освоение материала в полной мере.

В случае неуспешного выполнения задания учащиеся имеют возможность дистанционно проконсультироваться с преподавателем и выполнить задание повторно. При этом ни учащиеся, ни преподаватели не привязаны ко времени и месту проведения консультации, что имеет большие преимущества по сравнению с традиционными формами получения консультации.

Кроме того, дистанционные курсы подготовки к тестированию или экзамену способствуют повышению уровня компьютерной грамотности школьников и их интереса к использованию современных компьютерных технологий и сети Интернет в обучении и образовании.

Таким образом, дистанционная форма подготовки к централизованному экзамену и к централизованному тестированию имеет следующие преимущества: доступность и открытость обучения (возможность учиться удаленно от места обучения, не покидая своего населенного пункта); индивидуальный характер (обучающийся сам определяет темп обучения); нет отрыва от учебы (не надо выделять часы в расписании уроков; обучающийся сам выбирает для себя наиболее удобное время для занятий); индивидуальный график (возможность задать вопрос и получить консультацию в онлайн-режиме); результат, практически значимый именно для учащегося (возможность исправлять свои ошибки, возвращаться к наиболее сложным темам).

Как показали результаты анонимного анкетирования, слушатели подготовительного отделения достаточно высоко оценивают уровень предоставляемых учебно-методических материалов и применяемые технологии при изучении учебной дисциплины «Химия».

От эффективности довузовского обучения зависит и дальнейший успех при обучении на первом курсе в высшем учебном заведении. Как правило, студенты первого курса Белорусского государственного технологического университета, прошедшие обучение на подготовительном отделении, имеют навыки самостоятельной работы, показывают хорошие и отличные результаты при сдаче экзаменов по следующим химическим дисциплинам: «Общая и аналитическая химия», «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Общая и неорганическая химия».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малашонок, И. Е. Опыт применения системы дистанционного обучения Moodle для студентов при изучении дисциплин «Теоретические основы химии» и «Неорганическая химия» / И. Е. Малашонок, И. В. Шуляк, С. Л. Радченко // Менделеевские чтения – 2018 : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 2 марта 2018 г. / под общ. ред. Н. Ю. Колбас. – Брест : БрГУ, 2018. – С. 164–166.

2. Малашонок И. Е. Использование системы управления обучением Moodle при подготовке студентов химико-технологических специальностей / И. Е. Малашонок, О. И. Салычиц // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : XI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 12–13 дек. 2019 г. / БГУИР. – Минск, 2019. – С. 192.

3. Malashonok, I. E. Online chemistry teaching at BSTU during the coronavirus pandemic / I. E. Malashonok, O. I. Salychits // Sviridov Readings – 2021 : Book of Abstracts of 9 the International Conference on Chemistry and Chemical Education, Minsk, April 13–14, 2021. – Minsk : BSY, 2021. – P. 122.

[К содержанию](#)

УДК 373.5.016:54

С. С. МЕЛЕХОВЕЦ

Беларусь, Брест, лицей № 1 имени А. С. Пушкина г. Бреста

**ЭЛЕМЕНТЫ ФРЕЙМОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ
В РАЗРАБОТКЕ ОБУЧАЮЩЕ-ТРЕНАЖЕРНЫХ МОДУЛЕЙ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ**

Фреймовая технология относится к числу интенсивных образовательных технологий. Название взято из теории системного представления знаний американского исследователя Мэрвина Минского. Предшественником фреймового представления знаний можно считать метод опорных конспектов (предложен В. Ф. Шаталовым в 1970-е гг.).

Фреймовая модель (от англ. слова *frame* ‘каркас’) – универсальная каркасная структура, образованная различным количеством слотов (ячеек), заполненных учебной информацией. При помощи фреймовой модели можно структурировать и систематизировать информацию, что позволяет оптимизировать и интенсифицировать процесс обучения.

Обучающе-тренажерные модули с функцией контроля (ОТК-модули) сочетают в себе теоретический материал (фреймы и составляющие их

слоты) и практические задания. Они включают важнейшую учебную информацию; алгоритмы выполнения различных типов заданий и расчетных задач; задания для закрепления знаний, для отработки умений и навыков; задания для самостоятельной работы учащихся; задания для анализа и оценки уровня усвоения знаний.

Наиболее удобной формой представления учебной информации в ОТК-модулях является таблица, что позволяет систематизировать и оптимально расположить учебную информацию с учетом ее значимости или сложности, разместить большое количество вариантов фронтальных, самостоятельных и контрольных заданий. Все фреймы и слоты получают имя и наполняются различной учебной информацией, которая фиксируется с помощью слов, символов, чисел, рисунков, схем и графиков. Табличная форма позволяет при необходимости дополнять или корректировать отдельные элементы.

Составление фрейма возможно как при объяснении нового материала, так и с целью обобщения, систематизации и повторении учебного материала. Фреймы могут быть разработаны учителем и предложены учащимся в готовом виде, разработаны учителем совместно с учащимися или составлены самими учащимися. Задания для закрепления знаний, умений и навыков, задания для самостоятельной работы учащихся и контролирующие задания составляет учитель.

Использование ОТК-модулей на уроках позволяет развить у учащихся способность самостоятельно добывать знания, выбирать главное, анализировать, сопоставлять, оценивать, структурировать полученную информацию, активизировать мышление ученика, делать его активным участником приобретения знаний, умений и навыков. Все это способствует развитию творческого потенциала учащихся, по сути, обучение постепенно трансформируется в самообучение. ОТК-модули выполняют различные образовательные функции: обучения, тренинга, контроля и самоконтроля, оценки и самооценки, воспитания и развития, а также формируют у учащихся положительную мотивацию к учению. Их применение возможно при объяснении нового материала, на уроках закрепления, обобщения и систематизации знаний, при подготовке к письменным работам, к ЦЭ и ЦТ.

Основные подходы к составлению ОТК-модулей: анализ учебной программы по данной теме, отбор основного содержания, структурирование (составление фреймов); выделение опорных понятий в каждом фрейме, их фиксация в слотах в текстовом формате или в виде знаков, символов или рисунков; размещение информации в логической последовательности; наличие заданий для закрепления знаний, отработки

умений и навыков и образцов их выполнения, заданий и задач для контроля.

В основе разработки ОТК-модулей лежат следующие принципы: соответствие учебной программе и образовательному стандарту; актуальность и значимость представленной в них информации; возможность использования на различных этапах урока и в ходе выполнения домашних заданий, в процессе самостоятельного изучения предмета. Работая с ОТК-модулями, учащиеся самостоятельно добывают знания, анализируют и структурируют информацию, выделяют главное, устанавливают логические связи между отдельными информационными фрагментами. Задания-тренажеры дают возможность применять знания в процессе индивидуальной, парной, групповой и фронтальной учебной деятельности, тренинга, контроля, самоконтроля и взаимоконтроля, оценки и самооценки.

При такой форме подачи учебной информации активно задействуются все виды памяти, особенно зрительная память, формируются и развиваются предметные и надпредметные компетенции. Значительно экономится время изучения темы, повышается прочность запоминания, облегчается процесс усвоения знаний. Все это способствует росту качества знаний, облегчает самопроверку и взаимопроверку изученного. ОТК-модули позволяют сделать более увлекательной и творческой домашнюю работу учащихся. Снижается уровень тревожности ребят, потому что они примерно знают, с какими заданиями они могут встретиться в дальнейшем. А у учителя есть возможность отслеживать уровень усвоения учебного материала каждым учащимся.

При выполнении устных заданий учащиеся демонстрируют поэтапное усвоение химических знаний на уровне узнавания и применения. Письменные задания направлены на формирование и развитие у учащихся умений называть и классифицировать химические соединения, анализировать их качественный и количественный состав, анализировать химические свойства простых и сложных веществ, составлять уравнения реакций, составлять и решать качественные и расчетные задачи и др.

Система многовариантных заданий-тренажеров по основным вопросам курса химии позволяет учащимся работать в удобном для них темпе. В качестве домашнего задания учащиеся получают индивидуальные задания-тренажеры, в которых приведены основные расчетные формулы, примеры расчетов и задания, которые необходимо выполнить самостоятельно. На первых порах можно приводить образцы выполнения заданий, алгоритмы решения расчетных задач, затем только задания. Когда материал достаточно усвоен, учащимся предлагается составить самостоя-

тельно и решить аналогичные задачи. Выполненные работы может проверить не только учитель, возможна само- и взаимопроверка.

Ребята перед выполнением таких заданий могут повторить материал, при необходимости доработать его самостоятельно, получить консультацию одноклассников или учителя. Списывание практически исключается, так как в начале следующего урока учащиеся выборочно объясняют, как они выполняли задания, какие использовали формулы, отвечают на дополнительные вопросы. Они заинтересованы в том, чтобы научиться выполнять каждый вид заданий, решать различные типы задач, так как они потом встречаются в самостоятельных и контрольных работах, заданиях централизованного тестирования. За работы, содержащие несколько заданий, могут быть выставлены отметки.

Новый учебный материал постоянно встраивается в контекст ранее усвоенного, новые знания базируются на уже имеющихся. Поэтому большинство ОТК-модулей могут использоваться в течение длительного времени за счет сочетания в них основного содержания нескольких учебных тем и возможности реализации целого комплекса образовательных целей и функций.

В качестве примера приведем фрагмент ОТК-модуля по теме «Основные понятия и законы химии» (приведен один вариант заданий из шести).

Дайте определение понятий: <i>вещество, атом, молекула, химический элемент, атомная единица массы, абсолютная масса частицы, относительная масса частицы, химическое количество вещества</i>					
ПОНЯТИЯ					
Атом H, O, Na, S, C, Fe, N		Химический элемент H, O, Na, S, C, Fe, N		Простое вещество H ₂ , O ₂ , O ₃ , Na, S ₈ , C ₆₀ , Fe, N ₂	
Характеристики: заряд ядра атома, ...				Физические свойства: ...	
Задание 1: Найдите массу частиц					
В-т	Частицы	В а.е.м.	В граммах	В кг	
1	Fe				
	CO ₂				
	AlCl ₃				
Задание 2. Найдите число частиц в порции вещества					
В-т	Частицы	V(дм ³)	m(г)	Число молекул или ФЕ	Число атомов
1	O ₂	–	8		
	NH ₃	15,68	–		
Задание 3. Рассчитайте массу определенного числа молекул веществ					
В-т	Вещество	Число молекул		Масса (в граммах)	
1	CH ₄	5			

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕЩЕСТВА				
<i>Основные формулы</i>				
Задание 4. Какой элемент имеет массу атома равную				
В-т	Масса атома	Элемент (символ и название)		
1	$3,82 \cdot 10^{23}$ г			
Задание 5. Найдите число молекул и атомов в данной массе вещества				
В-т	Вещество	Масса	Число молекул	Число атомов
1	H ₃ PO ₄	78,4 г		
Задание 6. Найдите объем (при н.у.) данной массы газа				
В-т	Газ	Масса	Объем (дм ³)	
1	CO ₂	13,2 г		
Задание 7. Найдите массу газа, который при н.у. занимает данный объем				
В-т	Газ	Объем	Масса (г)	
1	H ₂ S	13,44 дм ³		
Задание 8. Найдите молярную массу газа, если известна его масса и объем при н.у.				
В-т	Масса	Объем	Молярная масса газа (г/моль)	
1	15,18 г	20 дм ³		

Разработанные на основе фреймовой технологии ОТК-модули позволяют оптимизировать процесс обучения, рационально использовать учебное время, мотивировать к изучению химии, создавать на уроках комфортную психоэмоциональную обстановку, формировать и систематизировать знания учащихся, развивать важнейшие предметные и метапредметные умения и навыки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блажко, И. В. Эффективность использования технологии фреймов в преподавании химии и биологии [Электронный ресурс] / И. В. Блажко. – Режим доступа: <https://www.prodlenka.org/metodicheskie-razrabotki/405139-jeffektivnost-ispolzovanija-tehnologii-frejmo>.

2. Гурина, Р. В. Фреймовое представление знаний при обучении / Р. В. Гурина, Е. Е. Соколова. – М. : Нар. образование : НИИ шк. технологий, 2005. – 175 с.

3. Калиничева, Е. А. Фреймовая технология как способ обучения химии [Электронный ресурс] / Е. А. Калиничева. – Режим доступа: https://kopilkaurokov.ru/himiya/uroki/stat_ia_frieimovaia_tiekhnologhiia_kak_s_posob_obuchienia_khimii.

4. Лобачева, И. Н. Использование опорных схем на уроках химии в средней школе [Электронный ресурс] / И. Н. Лобачева. – Режим доступа:

[https:// nsportal.ru/shkola/khimiya/library/2014/12/09/ispolzovanie-opornykh-skhem-na-urokakh-khimii-v-sredney-shkole](https://nsportal.ru/shkola/khimiya/library/2014/12/09/ispolzovanie-opornykh-skhem-na-urokakh-khimii-v-sredney-shkole).

5. Некрасов, С. И. Значение теории фреймов в современной науке / С. И. Некрасов, Н. С. Молчанова // Науч. ведомости Белгород. гос. ун-та. Сер.: Философия. Социология. Право. – 2009. – № 16 (71). – С. 13–17.

6. Шлякова, Е. В. Фреймовые модели как средства структурирования учебного материала в процессе обучения химии в военном вузе [Электронный ресурс] / Е. В. Шлякова. – Режим доступа: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/52477/view>

[К содержанию](#)

УДК 37.016:54+541.64:536.4

Д. И. МИСЮЛЯ, Ю. М. ЮРКОВА
Беларусь, Минск, БГУ

МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОДУКТОВ ТЕРМОЛИЗА ПОЛИМЕРОВ

Важнейшей частью развития той или иной сферы деятельности человека является творческая деятельность специалистов, занятых в этой сфере. Результаты такой творческой деятельности чаще всего оборачиваются различными благами, которые могут быть использованы как для улучшения качества жизни общества, так и для облегчения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Учитывая, во-первых, формирование в школе профессиональной ориентации личности человека и, во-вторых, направленную экологизацию современного школьного образования, можно сказать, что научно-исследовательская работа учащихся вполне соответствует основным задачам образовательного процесса.

Конкретно в школьной научно-исследовательской работе развитию личности учащихся отводится особое место, ведь на главенствующие позиции выводится представление о полученном результате не с точки зрения научной новизны, а с позиций развития познавательной активности учеников [2, с. 7]. С другой стороны, учитывая возрастающее внимание к проблемам окружающей среды, а также междисциплинарный характер экологии, необходимо должным образом раскрывать роль химии для этой науки.

Так, учащимися ГУО «Средняя школа № 24 г. Бреста» в 2022/23 учебном году была проведена научно-исследовательская работа «Оценка

токсичности продуктов окислительной термической деструкции полиэтилена низкого давления и полиэтилентерефталата». На примере этой работы мы стремимся представить методическую (практическую) составляющую тех характеристик образовательного процесса по учебному предмету «Химия», которые описаны выше и способствуют развитию познавательного интереса у учащихся.

Формулировка проблемы. В ней обозначается тот факт, что полимерные материалы – неотъемлемый атрибут современной структуры потребления, а если принимать во внимание массовость применения полимерных материалов в пищевой промышленности, общественном питании, то очевидным становится факт накопления отходов такого типа. В этом случае выбор сразу падает на полиэтилен низкого давления (ПНД как сырье для изготовления пакетов) и полиэтилентерефталат (ПЭТ; основа тары для напитков). После этого поднимается другой аспект проблемы – переработка этих полимерных материалов. И здесь – сжигание как один из вариантов переработки. Даже на бытовом уровне известно, что горящие полимерные материалы обладают очень специфическим и раздражающим слизистые оболочки запахом. Таким образом, формулировка проблемы может свестись к вопросу, насколько токсичны продукты термоллиза названных полимеров.

Методика оценки токсичности («Каким образом мы можем оценить токсичность продуктов термоллиза?»). Здесь может возникнуть два параллельных вопроса. Во-первых, каким образом получить и захватить выделяющиеся продукты термоллиза полимеров? В этом случае, учитывая материально-техническую базу средней школы, можно предложить продувать продукты термоллиза через водную ловушку. Для этого возможно сконструировать соответствующий прибор (рисунок).

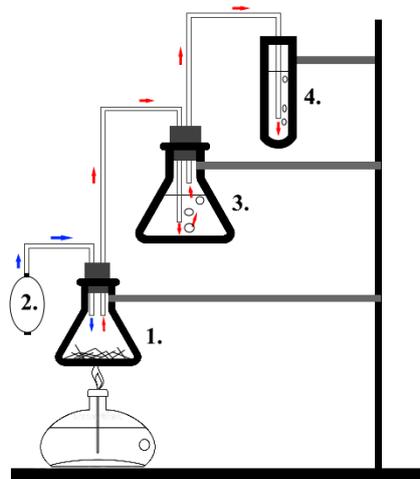


Рисунок – Схема прибора для захвата продуктов термоллиза полимеров

Образцы каждого из полимеров массой 3 г помещались в колбу из жаропрочного стекла *1*, после чего колба соединялась с лабораторной установкой, где циркуляция газов поддерживалась вручную (с помощью лабораторной груши с односторонним клапаном, *2*), и начинался нагрев колбы. Через колбу-приемник с водопроводной водой *3* пропускались газы, образовавшиеся в результате термолиза. Дополнительный отвод *4* обеспечивал передачу газов в другую емкость с водой (пробирка, колба), что позволяло проводить предварительный анализ собранных продуктов термической деструкции.

Во-вторых, необходимо было выбрать объект, на котором проводилась бы совокупная оценка токсичности продуктов термолиза. С методической точки зрения, это знакомит учащихся еще и с этикой научных исследований (в данном случае – биоэтикой). Учитывая факт того, что, с одной стороны, сжигание полимерных отходов может носить массовый характер и возможность распространения летучих продуктов в атмосфере, с другой, сперва можно проверить токсический эффект этих продуктов термолиза на растениях (фитотоксичность). Для этих целей удобно выбрать фасоль (*Phaseolus vulgaris* L.) как модельный объект, с методикой проращивания которой учащиеся знакомы с курса биологии.

После этого осуществляется отбор идентичных образцов названных полимеров одинаковой массы. Здесь у учащихся формируется представление о том, что в эксперименте мы варьируем один параметр (в данном случае – природа полимеров) при прочих равных.

Далее следует предварительное изучение образовавшихся продуктов термолиза. Для этого брались предварительные пробы с бокового отвода *4* (рисунок). Учитывая данные литературных источников, а также визуальное различие между растворами, содержащими продукты термолиза ПНД и ПЭТ [3], сразу была возможна оценка присутствия альдегидов и хлороводорода с помощью тех качественных реакций, которые учащимся уже известны: в первом случае использовался аммиачный раствор оксида серебра ($[Ag(NH_3)_2]OH$), а во втором – лакмус. Для определения альдегидов дополнительно использовалась фуксинсернистая кислота. Так, было установлено, что полученные растворы не содержат хлороводорода, однако содержат альдегиды в ощутимых количествах (что было дополнительно установлено по данным оптической плотности растворов, окрашенных продуктом реакции между альдегидами и фуксинсернистой кислотой). Таким образом, с помощью известных качественных реакций учащимися был проведен первичный анализ продуктов термолиза полимеров.

Далее была проведена оценка изменения электрической проводимости растворов с помощью датчика электропроводности. Было установлено, что она практически не изменилась в сравнении с водопроводной водой.

На основании уже известного факта присутствия значительных количеств альдегидов, ребята сделали заключение: такое явление возможно по той причине, что альдегиды не считаются электролитами с точки зрения теории электролитической диссоциации.

На этом же этапе возник и другой вопрос: а возможно ли *очистить* полученные растворы от альдегидов? В связи с этим в растворы продуктов термолиза как ПНД, так и ПЭТ поместили одинаковое количество активированного угля и оставили на несколько суток. Явление адсорбции знакомо учащимся после изучения химии элементов IVA-группы.

После вышеперечисленных операций настало время оценить влияние полученных растворов на биообъекте – фасоли. Для этого было выделено четыре экспериментальные группы: контрольная, ПНД, ПЭТ и адсорбат. По результатам измерений длины проростков и статистической обработки данных (проводилась при содействии педагога) было установлено, что продукты термолиза ПЭТ оказывают наибольший токсический эффект, чем таковые от ПНД. Так, в случае группы адсорбата была видна тенденция к увеличению длины проростков по сравнению с ПЭТ.

С методической точки зрения на этом этапе ребята смогли ознакомиться с возможным практическим применением адсорбентов, отработали практические операции по работе с биообъектами, познакомились с основами статистической обработки, а также смогли увидеть, какой труд необходим для получения того или иного количественного показателя в научных исследованиях.

Кроме того, для развития личности учащихся могут быть уместны особенности и самой научно-исследовательской работы, и ее проведение в условиях средней школы: в первом случае необходимо докладывать о результатах своих исследований, во втором – осуществлении социализации в процессе получения общего среднего образования. И то и другое отлично реализуется в форме участия в конференциях, выступлениях с докладами. Также для обучения в высшем учебном заведении весьма ценным может оказаться опыт подготовки и оформления докладов, а также тезисов докладов для последующих публикаций в сборниках [4–6].

Таким образом, рассматривая методический аспект работы «Оценка токсичности продуктов окислительной термической деструкции полиэтилена низкого давления и полиэтилентерефталата», можно отметить, что ее выполнение учащимися способствует развитию логики научно-исследовательской работы, закреплению теорий и понятий курса химии средней школы, а также социализации личности учащегося. При выполнении работы формируется понимание межпредметных связей (химия, биология, математика), а также представление о рациональном природопользовании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нелюбина, Е. Г. Научно-исследовательская деятельность школьников по химии: проблемы и перспективы / Е. Г. Нелюбина, Е. С. Самарина // Самар. науч. вестн. – 2013. – № 13. – С. 42–43.
2. Борисевич, И. С. Химия. 7–11 классы: организация исследовательской деятельности учащихся : пособие для учителей учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / И. С. Борисевич, Е. Я. Аршанский, А. А. Белохвостов ; под ред. Е. Я. Аршанского. – Минск : Аверсэв, 2020. – 142 с.
3. Мисюля, Д. И. Оценка токсичности продуктов окислительной термической деструкции полиэтилена низкого давления и полиэтилен-терефталата [Электронный ресурс] / Д. И. Мисюля // Международ. вестн. науки и образования. – 2022. – № 10. – С. 135–138. – Режим доступа: <https://iisi.science/mn24.pdf>. – Дата доступа: 04.02.2024.
4. Халецкий, Е. А. Определение альдегидов в продуктах окислительной термической деструкции полиэтилена и полиэтилен-терефталата [Электронный ресурс] / Е. А. Халецкий, М. А. Ринкевич, Д. И. Мисюля // Мониторинг и охрана окружающей среды : электрон. сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, Брест, 22 марта 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол. А. С. Домась [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – 200 с. – С. 127–130. – Режим доступа: <http://rep.brsu.by:80/handle/123456789/9079>.
5. Халецкий, Е. А. Фитотоксичность продуктов окислительной термической деструкции полиэтилена низкого давления и полиэтилен-терефталата [Электронный ресурс] / Е. А. Халецкий, М. А. Ринкевич // Природа, человек и экология : электрон. сб. материалов X Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 30 марта 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: С. Э. Кароза (отв. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – 244 с. – С. 221. – Режим доступа: <https://rep.brsu.by/handle/123456789/9163>.
6. Халецкий, Е. А. Оценка токсичности продуктов окислительной термической деструкции полиэтилена низкого давления и полиэтилен-терефталата [Электронный ресурс] / Е. А. Халецкий, М. А. Ринкевич // Мой первый шаг в науку : тез. докл. III науч.-практ. конф. учащихся учреждений общ. сред. образования. – Минск, 13–17 марта 2023 г. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 622–633. – Режим доступа: <https://conf.belstu.by/wp-content/uploads/2024/02/Сборник-тезисов-изм.pdf>.

[К содержанию](#)

УДК 54:378.6.091.3

М. В. ОДИНЦОВА, А. К. ДОВНАР, Ж. Н. ГРОМЫКО

Беларусь, Гомель, ГомГМУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ

Информационные технологии прочно закрепились в современной жизни человека и заняли значительное место в его личном пространстве. С уверенностью можно сказать, что смартфон, компьютер и Интернет являются неотъемлемой частью индивидуума «цифрового» поколения. Данная тенденция информатизации нашла свое отражение в производственных, социальных и образовательной сферах [1].

Концепция информатизации системы образования в Республике Беларусь придает особое значение разработке электронных средств обучения. Они широко используются для поддержки учебного процесса с помощью информационно-компьютерных технологий во всех формах образования в ответ на когнитивные потребности студентов, магистрантов и аспирантов. Примерами электронных средств обучения являются электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК). Они представляют собой информационные ресурсы, которые обеспечивают доступ к учебной информации, онлайн-курсам, учебным материалам, заданиям и другим инструментам, необходимым для эффективного обучения и достижения успеха в учебной деятельности [2].

Важно отметить, что электронные средства обучения обладают рядом преимуществ, которые делают их незаменимыми в современном образовании. Во-первых, они позволяют студентам получать доступ к образовательным ресурсам в любом месте и в удобное время, что делает обучение гибким и адаптивным к индивидуальным потребностям каждого обучающегося. Во-вторых, электронные средства обучения помогают в развитии цифровой грамотности, приобщают к современным информационным технологиям и позволяют развиваться в цифровой среде. В-третьих, они способствуют интерактивному обучению и применению различных методик, таких как геймификация и виртуальная реальность, что повышает мотивацию студентов и интенсифицирует процесс обучения.

Благодаря развитию электронных средств обучения, студенты получают широкие возможности для саморазвития и самостоятельного приобретения знаний, а преподаватели имеют возможность создавать интерактивные и инновационные учебные программы. В целом электронные

средства обучения играют важную роль в современной системе образования, обеспечивая качественное, доступное и эффективное обучение. Они представляют собой неотъемлемую часть образовательного процесса, способствующую развитию индивидуума в информационном обществе.

В организации образовательного процесса студентов Гомельского государственного медицинского университета (ГомГМУ) для обеспечения лично-развивающего и практико-ориентированного подхода создана электронная образовательная среда на платформе Moodle, в рамках которой содержание каждой учебной дисциплины представлено в виде электронного учебно-методического комплекса [3].

ЭУМК – программный мультимедиапродукт учебного назначения, предназначенный для изложения структурированного учебного материала дисциплины, обеспечения текущего контроля и промежуточной аттестации, содержащий систематизированные организационные и теоретические, практические, контролирующие материалы, построенные на принципах интерактивности, информационной открытости с использованием дистанционных образовательных технологий посредством компьютерной среды обучения.

Деятельность по разработке ЭУМК регламентируется нормативно-правовыми документами:

1. Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 08.11.2022 № 427 «Об утверждении положений об учебно-методических комплексах».

2. Положением об электронном учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования (приказ ректора ГомГМУ от 13.10.2023 № 524).

ЭУМК разрабатывается по каждой учебной дисциплине с учетом требований образовательных стандартов высшего медицинского образования по специальностям; размещается на интернет-сайте **Студенту**.

Наличие ЭУМК является необходимым условием для эффективной работы профессорско-преподавательского состава и организации самостоятельной работы студентов в высшей школе.

Структурные элементы ЭУМК, представляющие собой целостную совокупность учебно-программной, учебно-методической документации, учебных изданий и инструктивно-аналитических, справочных, дидактических материалов отражают современный уровень развития науки, использование актуальных методов, технологий и средств обучения. Они предназначены для глубокого освоения студентами учебного материала, получения навыков его использования на практике, развития компетенции специалиста в профессиональной области [4; 5].

На кафедре общей и биорганической химии ГомГМУ разработаны ЭУМК по дисциплинам «Медицинская химия», «Биорганическая химия», «Аналитическая химия» для студентов первых и вторых курсов лечебного

и медико-диагностического факультетов, а также «Medical chemistry», «Bioorganic chemistry» для студентов первого курса факультета иностранных студентов, обучающихся на английском языке.

Общая структура вышеперечисленных комплексов представлена на рисунке.

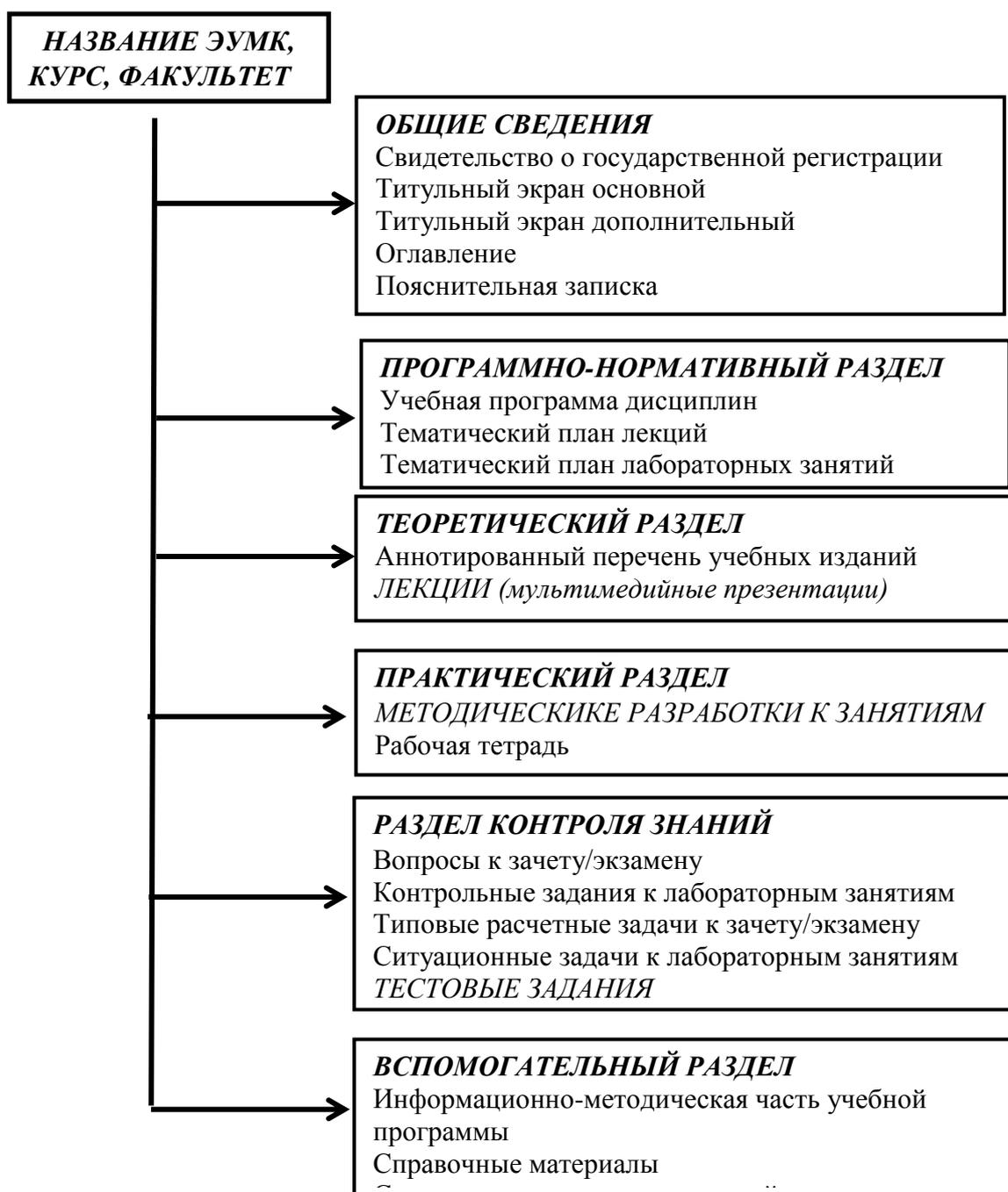


Рисунок – Структурные компоненты ЭУМК в MOODLE

ЭУМК – открытая система, которая постоянно обновляется и развивается. В соответствии со стоящими перед ней задачами элементы системы могут быть исключены, добавлены или изменены как по содержанию, так и по форме. Усовершенствование ЭУМК является неотъемлемой частью методической работы каждого преподавателя.

Таким образом, суммируя все вышеизложенное, можно отметить, что ЭУМК, представляющий собой гибкий образовательный инструмент, существенно модифицирует стандартную форму учебного процесса, перестраивая классическую роль педагога с преподавателя знаний на помощника в их освоении. Применение эффективной методики ЭУМК способствует активизации самостоятельной работы студентов, повышению их мотивации, интереса и познавательной активности.

Мы считаем, что одним из преимуществ использования ЭУМК в образовательном процессе является возможность индивидуализации обучения. Студенты могут осваивать материалы в своем собственном темпе, выбирая наиболее удобное время и место. Это особенно полезно для студентов, которые имеют различные уровни подготовки или разнообразные предпочтения при обучении в высшей школе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панина, Т. С. Современные способы активизации обучения : учеб. пособие для студентов вузов / Т. С. Панина, Л. Н. Вавилова ; под. ред. Т. С. Паниной. – М. : Академия, 2007. – 176 с.

2. Реутова, Е. А. Применение активных и интерактивных методов обучения в образовательном процессе вуза : метод. рекомендации для преподавателей вузов / Е. А. Реутова. – Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2012. – 58 с.

3. Использование образовательной платформы Moodle при изучении химических дисциплин в медицинском вузе / Е. Л. Зыкова [и др.] // Республиканская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 85-летию со дня рождения профессора М. В. Борисюка, Гродно, 17 февр. 2022 г. / ГрГМУ ; редкол.: В. Н. Хильманович. – Гродно, 2022. – С. 108–111.

4. Шалкина, Т. Н. Проектирование учебной деятельности студентов на основе электронных учебно-методических комплексов / Т. Н. Шалкина // Пед. информатика. – 2008. – № 1. – С. 53–57.

5. Татаринцев, А. И. Электронный учебно-методический комплекс как компонент информационно-образовательной среды педагогического вуза / А. И. Татаринцев // Теория и практика образования в современном мире : материалы Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, февраль 2012 г. – СПб. : Реноме, 2012. – Т. 2. – С. 367–370.

[К содержанию](#)

УДК 378.147.34

О. В. ПЫРХ, Т. В. МАКАРЕНКО

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

РЕАЛИЗАЦИЯ ЛИЧНОСТНО ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Система обучения в современном вузе направлена на подготовку конкурентоспособных специалистов. При этом на биологическом факультете особое внимание уделяется изучению дисциплин профессионального цикла, к которым относятся и дисциплины химического профиля [1]. Химия рассматривается как часть общей системы подготовки будущего специалиста, обеспечивается взаимосвязь преподаваемой дисциплины с профессиональной деятельностью. Усиление мотивации к изучению химии посредством осознания практической значимости данной дисциплины способствует формированию необходимых для конкурентоспособного выпускника компетенций [2].

С развитием общества требования к объему знаний студентов постоянно увеличиваются, в этой связи актуальным является поиск эффективного решения проблемы усвоения больших объемов информации. Одним из способов решения данной проблемы выступает использование на занятиях лично ориентированного обучения. Исследование и использование индивидуальных особенностей каждого студента играет решающую роль в лично ориентированном обучении, которое называется одним из приоритетных направлений современной реформы образования.

Основной целью лично-деятельностного подхода является формирование способности студента к активной самостоятельной деятельности, овладению практическими знаниями и умениями. Реализация данного подхода позволяет в едином студенческом коллективе работать с ориентацией не на «усредненного» студента, а с каждым в отдельности с учетом индивидуальных познавательных возможностей, потребностей и интересов. Преподаватель при этом выступает в качестве организатора учебной деятельности студента. Учебный процесс выстраивается таким образом, чтобы студент не пассивно усваивал материал занятий со слов преподавателя, а сам проявлял активность, учился находить и использовать необходимую информацию из различных источников, выступая при этом не пассивным потребителем информации, а активным ее производителем.

При проведении занятий по дисциплинам химического профиля необходимо учитывать междисциплинарные связи, а также связь фундаментальных научных понятий и законов с практической профессиональной деятельностью. Необходимо мотивировать студентов к обучению посредством объяснения значения изучаемого материала в профессиональной деятельности; показывать важность совместных действий для достижения общей цели. Перед преподавателем ставится задача закрепить и расширить теоретические знания, полученные студентами в процессе изучения химии; развить умения устанавливать связи между теорией и практикой; способствовать формированию первичных профессиональных умений и навыков, а также формированию профессионального самоопределения студентов.

Важной проблемой становится дифференциация студентов при выполнении лабораторных работ по дисциплинам химического профиля. Традиционно в основе дифференциации лежал подход по принципу «больше-меньше», при котором лишь изменялся объем предлагаемого студенту материала: студенты, имеющие более высокий учебный рейтинг, получали задание больше, а более низкий – меньше. Подобный подход приводил к тому, что более подготовленные студенты не имели перспективу в развитии, а менее успевающие не могли преодолеть трудности, возникающие у них при решении различных научно-исследовательских экспериментальных задач.

Создать благоприятные педагогические условия для развития личности студента, его самоопределения и самореализации позволяет технология уровневой дифференциации, которую применяют преподаватели кафедры. Проводимая на лабораторных занятиях экспериментальная работа дифференцируется по степени самостоятельности студентов; по степени и характеру помощи студентам; по характеру учебных действий. Лабораторный практикум занимает особое место в подготовке студентов-биологов. Без освоения современных приборов, получения навыков в работе с различными химическими реактивами и посудой невозможна подготовка специалистов высокого уровня. Задачей преподавателя является оказание помощи студентам как в плане теоретической подготовки, так и в плане получения практических навыков – проведения точного аналитического эксперимента и обработке экспериментальных данных.

Рассмотрим отдельные экспериментальные работы по дисциплине специализации «Большой практикум». Для студентов-биологов важным разделом является определение кислотности природных вод и почв. Занятие начинают с решения расчетных задач по определению величины водородного показателя в растворах сильных электролитов, растворах

слабых электролитов, буферных системах. Каждый студент получает задание согласно уровневой дифференциации, вначале решает задачи алгоритму, а затем проводит вычисления в задачах, связанных с практической направленностью. Далее каждый студент выполняет индивидуальный эксперимент, результаты которого математически обрабатываются и докладываются на учебных конференциях.

По разделу «Фотоколориметрические методы определения отдельных ионов в природных объектах» лабораторные занятия проводятся по следующей схеме: проводится учебная конференция по биологической роли исследуемых ионов; решаются расчетные задачи по фотоколориметрическому методу анализа; строятся соответствующие калибровочные графики; проводятся экспериментальные определения; рассчитывается содержание элементов. Расчеты сопровождается математическая обработка. Лабораторные работы организованы различно: отдельные студенты отрабатывают экспериментальные операции и задания с опорой на алгоритмы, рассмотренные при решении расчетных задач. Студентам с высоким уровнем предлагают творческие, усложненные задания, направленные на создание необходимых условий для формирования умений и навыков выполнения научной экспериментальной работы. Преподаватель при этом выступает координатором, организатором работы всего коллектива, распределяя студентов по группам с учетом их личностных особенностей с целью создания условий для проявления этих особенностей; осуществляет руководство работой студентов на индивидуальном и групповом уровнях. Подобный подход применяется и при проведении лабораторных занятий по другим дисциплинам химического профиля.

Таким образом, организация лабораторных занятий с применением лично ориентированного подхода способствуют возрастанию у студентов мотивации к изучению дисциплин химического профиля, более углубленной химической подготовке, формированию практических умений и навыков, проявляющихся в правильном выполнении эксперимента, самостоятельности и рациональной организации труда. Как следствие, это способствует повышению качества подготовки будущего специалиста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменкова, Л. Г. Реализация модели профессионально ориентированного обучения химии в техническом вузе / Л. Г. Деменкова // Современ. наукоемкие технологии. – 2015. – № 12, ч. 1. – С. 78–81.
2. Тоистева, О. С. Системно-деятельностный подход в профессиональной подготовке социально-педагогических кадров в вузе : дис. ... д-ра пед. наук / О. С. Тоистева. – Екатеринбург, 2015. – 368 л.

[К содержанию](#)

УДК 539+54

А. И. СЕРЫЙ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**О СРАВНИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЗАДАЧ
КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ОБ АТОМЕ ГЕЛИЯ
И МОЛЕКУЛЕ ВОДОРОДА**

Атом гелия и молекула водорода представляют собой примеры квантовых систем, изучаемых в курсах физики атома и квантовой механики. Несмотря на то что такие системы можно считать относительно простыми (например, по сравнению с многоэлектронными атомами), соответствующий учебный материал, как правило, довольно сложен для усвоения. В связи с этим представляют интерес поиски альтернативных подходов к изложению материала. Один из таких подходов заключается в использовании сравнительных таблиц. Предложенные ниже таблицы составлены на основе сведений из [1, с. 312–328]. Таблицы могут быть использованы в образовательном процессе при изучении некоторых дисциплин физического и химического профиля. Статья является дополнением к публикации [2, с. 158–160].

В таблице 1 сравниваются задача об атоме гелия (I) и задача трех тел, взаимодействующих по закону всемирного тяготения (II).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика двух задач

Критерии сравнения	Задача I	Задача II
1.1. Раздел физики	Квантовая механика	Классическая механика
1.2. Исследуется движение	двух электронов в поле ядра гелия (альфа-частицы)	двух планет в гравитационном поле
2.1. Дополнительно учитывается	кулоновское взаимодействие между двумя электронами	гравитационное взаимодействие планет между собой
2.2. В нулевом приближении не учитывается	кулоновское взаимодействие между двумя электронами	гравитационное взаимодействие планет между собой
2.3. Корректность нулевого приближения	невелика, так как взаимодействие электронов между собой по порядку величины сравнимо с взаимодействием каждого из них с ядром	высока, так как взаимодействие между планетами действительно мало по сравнению с взаимодействием каждой из них с Солнцем

В таблице 2 сравниваются задача об атоме гелия и о молекуле водорода с точки зрения возможности применения к ним аналогий с небесной механикой.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика задачи об атоме гелия и о молекуле водорода с точки зрения возможности применения к ним аналогий с небесной механикой

Критерии сравнения	Задача об атоме гелия	Задача о молекуле водорода
Аналогия с небесной механикой	Движение двух планет вокруг Солнца	Движение двух планет в системе двойной звезды
Качество аналогии	Удовлетворительное (о чем уже сказано в таблице 1)	Менее удовлетворительное по сравнению с задачей об атоме гелия

Перед тем, как продолжить сравнительный анализ, следует отметить, что для обеих систем уравнение Шредингера можно записать в следующем общем виде:

$$(\hat{H}_1 + \hat{H}_2 + \hat{V})\Psi = E\Psi. \quad (1)$$

При этом Ψ – волновая функция системы, E – энергия системы. Далее будем также использовать обозначения: Z – заряд ядра, Δ_i – оператор Лапласа по координатам i -го электрона, e – элементарный заряд, \hbar – постоянная Планка, A и B – обозначения протонов в молекуле водорода. Сравнительный анализ составляющих гамильтониана представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ составляющих гамильтониана в двух задачах

	Задача об атоме гелия	Задача о молекуле водорода
$\hat{H}_i, i=1,2$	$-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta_i - \frac{Ze^2}{r_i}$	$-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta_i - \frac{Ze^2}{r_{ij}}, \quad j=A \quad \text{при } i=1,$ $j=B \quad \text{при } i=2$
Смысл \hat{H}_i	гамильтониан взаимодействия i -го электрона с ядром	гамильтониан взаимодействия i -го электрона со «своим» ядром
Z	$Z=2$	$Z=1$
Смысл m	Масса альфа-частицы (ядра гелия)	Масса протона (ядра атома водорода)
\hat{V}	$\frac{e^2}{r_{12}}$	$-\frac{e^2}{r_{1B}} - \frac{e^2}{r_{2A}} + \frac{e^2}{r_{12}} + \frac{e^2}{R}$

Использованы следующие обозначения расстояний: R – расстояние между протонами в молекуле водорода, r_{12} – расстояние между двумя

электронами, r_{ij} – расстояние между i -м электроном и ядром j в молекуле водорода.

Таким образом, в обеих задачах оператор возмущения \hat{V} содержит энергию кулоновского взаимодействия электронов, а в задаче о молекуле водорода этот оператор также содержит энергию кулоновского взаимодействия протонов и каждого электрона с «чужим» ядром (с точки зрения структуры операторов \hat{H}_i , где каждый электрон взаимодействует со «своим» ядром).

Сравнительная характеристика волновых функций дана в таблице 4. Нормировочные множители в выражениях для симметричных и антисимметричных функций не отображены.

Таблица 4 – Сравнительный анализ волновых функций в двух задачах

	Задача об атоме гелия	Задача о молекуле водорода
1.1. Обозначения одночастичных функций	$\psi_1^0(1), \psi_1^0(2), \psi_k^0(1), \psi_k^0(2)$	$\psi_A(1), \psi_A(2), \psi_B(1), \psi_B(2)$
1.2. Соответствующие пояснения	число в скобках – номер электрона, нижний индекс «1» – основное состояние, «k» – возбужденное	число в скобках – номер электрона, нижний индекс соответствует ядру, которому принадлежит электрон
2.1. Симметричная волновая функция	$\psi_s^0(1,2) = \psi_1^0(1)\psi_k^0(2) + \psi_k^0(1)\psi_1^0(2)$	$\psi_s = \psi_A(1)\psi_B(2) + \psi_B(1)\psi_A(2)$
2.2. Антисимметричная волновая функция	$\psi_a^0(1,2) = \psi_1^0(1)\psi_k^0(2) - \psi_k^0(1)\psi_1^0(2)$	$\psi_a = \psi_A(1)\psi_B(2) - \psi_B(1)\psi_A(2)$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивухин, Д. В. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие : в 2 ч. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1986. – Ч. 1. Атомная физика. – 416 с.

2. Серый, А. И. Об орто- и парасостояниях молекулы водорода и атома гелия в курсе атомной физики / А. И. Серый // Образование, обучение и воспитание: актуальные вопросы теории и практики : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2023. – С. 158–160.

[К содержанию](#)

УДК 37.016:54

О. И. СЕЧКО

Беларусь, Минск, БГУ

ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Обучение молодежи изначально осуществлялось глубоко индивидуализированными неформальными методами, старший обучал младшего, в результате чего реализовывались важнейшие принципы обучения – дифференциации и индивидуализации. В соответствии с принципом индивидуализации обучения создавалась система дидактических условий, учитывающих типологические особенности личности обучающегося. Расширение сфер деятельности человека, научно-технический прогресс потребовали большего участия государства в образовательных процессах. Поэтому уже много лет предпочтение имеет формальное образование, которое обеспечивает государственный заказ на специалистов разных сфер и является объектом контроля государством. Для осуществления формального образования требуется целенаправленно подготовленный персонал, созданная в определенном направлении образования система на основании учредительных документов, учебных планов, учебных предметов с учетом межпредметных и внутривидовых связей, дидактический материал и техническое оборудование и т. д.

На современном этапе потребность в индивидуальном обучении возникла в связи с все возрастающим разрывом между содержанием школьного образования и содержанием заданий централизованного тестирования. Для того чтобы получить балл, достаточный для продолжения образования в высших учебных учреждениях образования, выпускники школ должны иметь не только более высокий уровень знаний, но и обладать более сложными умениями по сравнению со школьными. Поэтому бытующее мнение, что без репетитора поступить в вуз невозможно, подвигает абитуриентов на поиск более эффективного варианта обучения – индивидуального.

Следовательно, массовое образование, классно-урочная система находятся в противоречии с осуществлением дифференциации обучения и индивидуального подхода к обучаемому. Справедливо будет заметить, что в педагогике существуют и получают все большее развитие варианты дифференциации обучения – внешняя и внутренняя. Внешняя дифференциация предполагает деление обучающихся на постоянные группы по определенному признаку, например, профильные классы в школах

и гимназиях, профили обучения в вузе. При этом дифференциация выражается в различии объема и содержания курса предмета для школьников, студентов разных факультетов, разных специальностей и специализаций одного и того же факультета, а также в различии уровня изучения отдельных модулей учебного курса, связанном с его углублением и конкретизацией. Внутренняя дифференциация призвана улучшить качество обучения, учитывая такие особенности обучающихся, как мотивация, интересы, склонности, а также общеучебные умения и навыки, что приводит к организации и осуществляется в классе, группе посредством методических приемов: самостоятельной работы обучающихся по разноуровневым заданиям с учетом их психологических особенностей и индивидуальных потребностей. Эффективность данных приемов в случае массового обучения зависит от уровня подготовки учителя, креативности его мышления и действий, использования современных технологий в процессе обучения:

- использование компетентностного подхода в обучении и усиление прикладного характера обучения;

- применение подходов, заданий и упражнений, ориентированных на изучение и познание нового, расширение представлений и знаний об окружающем мире;

- расширение основного текста внедрением сведений практического характера, практико-ориентированных (контекстных и ситуационных) заданий;

- организация проектно-исследовательской деятельности обучаемых.

Идеальной формой внутренней дифференциации является индивидуализация обучения. В некоторой степени усиление индивидуализации обучения осуществляется благодаря деятельности подготовительных курсов, факультетов доуниверситетского образования, курсов повышения квалификации, переподготовки. Фактически это элементы непрерывного образования, призванные помочь обучающимся в достижении поставленных целей. Однако не всегда учреждения (школы, вузы, ССУО) могут обеспечить полную индивидуализацию, поскольку вся деятельность основывается на работе в малых группах, по утвержденным государственным программам, учебным планам, графикам занятий. Однако в существующей практике обучения слушателей на подготовительном отделении все чаще возникают проблемы, связанные с неоднородностью состава обучающихся в одной группе по степени сформированности коммуникативных компетенций владения предметом, недостаточным уровнем знаний и умений, с которыми приходят некоторые слушатели на наш факультет. Поэтому одной из актуальных проблем преподавания на факультете доуниверситетского образования является обучение в одной группе слушателей с разным уровнем подготовки. Эффективность учебной

деятельности в разноуровневой группе может быть достигнута при условии сочетания и правильного использования индивидуальной, парной и групповой форм работы. В этом случае имеет место приоритетность результатов обратной связи для коррекции уровня обученности каждого абитуриента.

Система тестирования при поступлении в высшие учебные заведения Республики Беларусь при имеющихся достоинствах предполагает ориентацию учащихся, абитуриентов и студентов на выполнение только тестовых заданий, что затрудняет развитие умений обобщать, анализировать, овладевать навыками экспериментальной работы, выполнение творческих заданий.

Если при подготовке к поступлению в вуз учащиеся школ в основном «натаскиваются» на выполнение тестовых заданий, то при обучении в университете требуется выполнение текстовых заданий, упражнений, формирование устных ответов. Для многих первокурсников проблемой является адаптация к лекционно-семинарской системе обучения в вузе. Примерно 40 % студентов первого курса считают, что помощь в процессе обучения им нужна в первую очередь при решении следующих проблем: преодоления стресса перед первой сессией с самых первых дней обучения; повторения и обобщения знаний по предметам, развития умений выполнения практической части обучения, компоновки системного ответа по теме и др. В современном мире рост количества знаний, необходимых для усвоения и успешного осуществления профессиональной деятельности, порождает глубочайшую специализацию профессиональных областей. Например, медицина стала глубоко дифференцированной областью. Для педагога здесь основополагающим становится дифференциация педагогических методов и методик обучения специалистов различных областей. Аналогичная ситуация имеет место в ИТ-сфере и др. Кроме того, общей интегральной задачей педагогики становится подготовка специалиста, обладающего не только определенными знаниями, но и готового усваивать новые, способного ориентироваться в широком диапазоне инновационного знания. Эти педагогические задачи лучше решаются при условии формирования не групповой, а индивидуальной работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сечко, О. И. Индивидуализация обучения в процессе формального образования / О. И. Сечко, А. Г. Пацеева // Непрерывная система образования «Школа – Университет». Инновации и перспективы : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 31 окт. – 1 нояб. 2019 г. / редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – 216 с.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

Н. С. СТУПЕНЬ, В. В. КОВАЛЕНКО

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «КСЕНОБИОЛОГИЯ»

Внедрение компетентного подхода в образовательный процесс способствует повышению качества подготовки будущих специалистов и требует от преподавателей разработки и использование интерактивных форм и методов обучения. Поиски эффективных путей результативности процесса обучения в вузе все больше привлекают внимание преподавателей высшей школы к проблеме межпредметных связей. В исследованиях многих ученых-педагогов межпредметные связи выступают как одно из основных средств системного подхода к обучению [1; 2]. Одной из основных функций межпредметных связей является последовательное отражение в содержании естественнонаучных дисциплин объективных взаимосвязей, действующих в природе.

Рассмотрим реализацию межпредметных связей при преподавании дисциплины «Ксенобиология» с дисциплинами химического блока.

В БрГУ имени А. С. Пушкина учебная дисциплина «Ксенобиология» преподается для студентов четвертого курса специальностей 1-33 01 01 «Биоэкология» и 1-31 01 01-02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)» и относится к циклу дисциплин государственного компонента высшего образования. Она играет существенную роль в формировании мировоззрения современного биолога. Преподавание ксенобиологии опирается не только на изучение биологических курсов, но и на использовании достижений таких наук, как химия, физика, медицина и др.

В процессе изучения учебной дисциплины студенты получают представления о механизмах поступления, биотрансформации, распределения, биоконцентрации ксенобиотиков и характере вызываемых чужеродными организму соединениями биологических реакций на разных уровнях организации живых систем. Значительное внимание уделяется также и изучению скрининга ксенобиотиков на их биологические активности.

В процессе изучения биологического блока дисциплин, к которому относится и «Ксенобиология», студенты должны овладеть предметной биологической компетенцией. Однако при интеграционном подходе к обучению и реализации межпредметных связей студенты должны овладеть и другими естественно-научными компетенциями, например химической.

Ранее нами была разработана универсальная модель содержания предметной химической компетенции для дисциплин химического цикла. Были выделены следующие содержательные модули предметной химической компетенции: «Химический элемент», «Простое вещество», «Сложное вещество», «Химический эксперимент», «Математические расчеты» [3; 4]. Мы считаем, что данную модель содержания химической компетенции можно применить и для дисциплин биологического цикла.

Рассмотрим содержание предметной химической компетенции применительно к дисциплине «Ксенобиология» (таблица).

Таблица – Элементы содержания предметной химической компетенции применительно к дисциплине «Ксенобиология»

Модуль	Элементы содержания
Химический элемент	<ul style="list-style-type: none"> – Знание о распространенности химических элементов в природе и понятии о биосфере; – знание понятия «биогенные элементы» и их классификации; – знание закономерностей положения биогенных элементов в Периодической системе химических элементов; – знание классификации катионов и анионов по аналитическим группам с учетом положения элементов в периодической системе химических элементов
Простое вещество	<ul style="list-style-type: none"> – Знание о простых веществах, обладающих биологической активностью; – знание о металлах в живых системах и их биоцидных эффектах; – знание сущности процесса хелатообразования для снижения токсических эффектов тяжелых металлов
Сложное вещество	<ul style="list-style-type: none"> – Знание классификации ксенобиотиков по их биологической активности; – знание о процессе ионизации ксенобиотиков и зависимости биологической активности ксенобиотиков от ионизации; – знание механизмов реакций окисления различных групп органических ксенобиотиков: спиртов, альдегидов, аминов, гидроксילирование, дезаминирование, дезалкилирование, сульфоокисление; – знание реакций восстановления разных групп органических ксенобиотиков: альдегидов, кетонов, нитро- и азосоединений, дисульфидов, кратных связей и т. д.; – знание механизмов и примеров реакций гидролиза различных групп органических соединений; – знание реакций конъюгации с разными эндогенными веществами: глицином, глюкозой, глюкуроновой кислотой, глутатионом и т. д.; – знание механизмов биотрансформации неорганических ксенобиотиков

Продолжение таблицы

Химический эксперимент	<ul style="list-style-type: none"> – Грамотное обращение с химической посудой и лабораторным оборудованием (мерные цилиндры, мерные стаканы, весы аналитические, весовые стаканчики, водяные бани, спиртовки, магнитная мешалка, ионселективные электроды ЭМ-NH₄-01 и ЭМ-NO₃-01, хлорсеребряный электрод ЭВЛ-ИМЗ, рН-метр-милливольтметр рН-150, спектрофотометр, рН-метр); – умение использовать приборы при физико-химических исследованиях ксенобиотиков; – умение точно взвешивать анализируемую пробу на технических и аналитических весах; – умение готовить растворы и стандартизировать их; – умение определять катионы-ксенобиотики с помощью групповых реагентов; – умение определять классы ксенобиотиков по цветным реакциям с известными специфическими реагентами на определенную функциональную химическую группу; – умение проводить количественный анализ ксенобиотиков в природной среде и продуктах питания (содержание нитратов); – умение оценивать влияние ксенобиотиков на начальные этапы роста и развития растений и физиологические процессы в их клетках; – умение анализировать и интерпретировать результаты опыта, делать выводы
Математические расчеты	<ul style="list-style-type: none"> – Умение рассчитывать навеску при приготовлении растворов различной концентрации; – умение рассчитывать массовую долю определяемого компонента (иона) в анализируемом веществе; – умение рассчитывать и оценивать коэффициент накопления ксенобиотиков в живых организмах; – умение рассчитывать степень ионизации, константу ионизации и константу кислотности ксенобиотиков в растворах; – умение проводить математические расчеты по химическим уравнениям, лежащим в основе количественного определения веществ или их компонентов; – умение проводить расчеты с использованием рН водных растворов

При интеграционном обучении особое внимание необходимо уделять формированию у студентов универсальных способов деятельности (универсальных учебных действий), таких как:

- постановка проблемы, изучение взаимосвязей, выдвижение гипотез и осуществление их проверки;
- поиск, критическое оценивание, передача содержания информации (сжато, полно или выборочно);

– перевод информации из одной знаковой системы в другую (из графиков, формул в текст, из текста в таблицу, из аудиовизуального ряда в текст и др.);

– использование мультимедийных ресурсов и компьютерных технологий для обработки и передачи информации, презентации результатов деятельности;

– умение развернуто обосновывать суждения, давать определения, доказательства, подтверждать примерами сделанные утверждения;

– организация и участие в коллективной деятельности, включая постановку общей цели и определение средств ее достижения, конструктивное восприятие иных мнений и идей, учет индивидуальных черт партнеров по деятельности, объективную оценку своего вклада в общий результат;

– овладение учебно-исследовательской и проектной деятельностью.

Таким образом, межпредметные связи позволяют вычлнить главные элементы содержания образования, предусмотреть развитие системы образующих идей, понятий, общенаучных приемов учебной деятельности, возможности комплексного применения знаний из различных дисциплин при формировании предметных компетенций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысак, И. В. Междисциплинарность: преимущества и проблемы применения [Электронный ресурс] / И. В. Лысак // Современные проблемы наук и образования. – 2016. – № 5. – Режим доступа: [https:// education.ru/ru/article/view?id=25376](https://education.ru/ru/article/view?id=25376). – Дата доступа: 13.02.2024.

2. Гарькина, И. А. Системный подход к повышению качества образования / И. А. Гарькина // Вестн. КГУ им. Н. А. Некрасова. – 2013. – Т. 19, № 4. – С. 4–7.

3. Коваленко, В. В. Модель содержания предметной химической компетенции (на примере курса «Общая и неорганическая химия» в учреждениях высшего образования) / В. В. Коваленко, Н. С. Ступень // Пед. наука и образование. – 2019. – № 1 (26). – С. 58–61.

4. Kavalenka, V. V. Structure of the subject competence in chemistry. / V. V. Kavalenka, N. S. Stupen // Свиридовские чтения – 2021 : тез. докл. 9-й Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию. – Минск, 2021. – С. 118.

[К содержанию](#)

УДК 378.147.091.313:37.015.31-057.875:57

А. В. ХАДАНОВИЧ

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

АКТИВИЗАЦИЯ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ-БИОЛОГОВ В ХОДЕ ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ

Подготовка и выполнение студентами дипломных работ является завершающим этапом в подготовке специалистов. При выполнении дипломных работ студенты должны проявить умение ориентироваться в теоретических и прикладных разделах специальных и общепрофессиональных дисциплин, способность активно использовать полученные знания. Они должны уметь работать с научно-технической и справочной литературой, использовать современные методики расчетов, уметь планировать эксперимент и использовать современные методы исследования, обосновать выводы.

Темы дипломных работ определяются кафедрой, в соответствии с основными направлениями проводимых научных исследований. Студентам предоставлено право выбора темы. Они могут и сами предложить тему дипломной работы с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки. Темы дипломных работ утверждаются приказом по университету. Задание на дипломную работу составляет научный руководитель и утверждает заведующий кафедрой. В задании на выполнение дипломной работы приводятся исходные данные, перечень рекомендуемой научной литературы. Дипломная работа должна пройти проверку на определенных сайтах на недопущение заимствования результатов работы других авторов – плагиата. До начала выполнения основных этапов дипломной работы перед студентами ставятся задачи, способствующие формированию практических компетенций, в частности, «квалифицированно проводить научные исследования в области биохимии и молекулярной биологии, проводить анализ результатов экспериментальных исследований, формулировать из полученных результатов корректные выводы».

Основные этапы выполнения дипломной работы студенты проводят самостоятельно. Самостоятельная деятельность способствует подготовке будущего специалиста. В процессе работы вырабатываются и формируются потребности к самообразованию и творческому осмыслению действительности. Самостоятельная работа выступает специфическим условием обучения, позволяющим усваивать новый объем знаний, решать

познавательные задачи, обеспечивать способность студентов к принятию решений в будущей профессиональной деятельности.

В процессе приобретения студентами знаний и умений важным этапом подготовки специалистов выступает их учебно-познавательная деятельность. Познавательная деятельность – это единство восприятия, теоретического мышления и практической деятельности. Она осуществляется во всех сферах деятельности студентов, а также путем выполнения различных предметно-практических действий в учебном процессе (экспериментирование, решение исследовательских задач и др.). Работая над каждой отдельной главой дипломной работы, под руководством опытных преподавателей студенты знакомятся с основными правилами обсуждения полученных экспериментальных данных, самостоятельно формулируют выводы.

Правильная организация учебно-познавательной деятельности личности оказывает непосредственное влияние на результат работы преподавателя и успешность студентов. Умение преподавателя организовывать и управлять этой деятельностью является одним из основных показателей его педагогического мастерства. В процессе обучения необходимо обеспечить формирование у студентов высокого познавательного интереса и активности, например, в начале проведения исследований преподаватели обсуждают со студентами основные цели, задачи и актуальность дипломной работы, которые формулируются во введении [1]. Студенты в результате правильно организованной познавательной деятельности включаются в поиск новых сторон в предмете своего интереса, начинают устанавливать в нем более глубокие связи и отношения.

Отношение студентов к учению обычно характеризуется познавательной активностью. Активность определяет степень соприкосновения обучаемого с предметом его деятельности. Немаловажную роль играет активизация – постоянно текущий процесс побуждения студентов к энергичному, целенаправленному учению, преодолению спада и застоя в умственной работе. Главная цель активизации – формирование активности обучающихся, повышение качества учебно-воспитательного процесса.

В современных условиях считается, что студенты должны учиться самостоятельно. Роль преподавателя – осуществлять управление их учением, т. е. мотивировать, организовывать, активизировать, координировать, консультировать их деятельность [2]. Ориентировать обучающихся на самостоятельное добывание знаний и активизировать процесс познания в русле этой самостоятельности – задача современного педагога. Развитие активности, самостоятельности, инициативы, творческого отношения к делу – это требования самой жизни, определяющие то направление,

в котором следует совершенствовать учебно-воспитательный процесс [3]. Все методы активизации деятельности студентов на занятиях направлены на формирование мотивации к обучению. Согласно индивидуальному заданию студентам необходимо перед проведением серии экспериментов изучить состояние проблемы на современном уровне, которое отражается в первой главе дипломной работы. С этой целью они проводят работу с литературными источниками в библиотеках вуза и города, с электронными базами данных, учатся грамотно оформлять библиографический список.

Вторая глава дипломной работы посвящена объекту, программе и методам исследований. Для написания данной главы студенты предварительно знакомятся и изучают в ходе практических занятий и практик основные принципы и методики физико-химических методов определения содержания компонентов в природных объектах. Работа над постановкой эксперимента протекает с интересом, студенты активно вовлекаются в творческий процесс. Изучаются схемы постановки модельных экспериментов, основные приемы статистической обработки полученных данных, делаются выводы о преимуществах и недостатках того или иного метода исследований.

Особое внимание уделяется преподавателями кафедры работе со студентами над главой дипломной работы, посвященной результатам и их обсуждению. Именно в этом разделе необходимо научить студентов умению сопоставлять и анализировать полученные данные в ходе проведения экспериментов, формулировать собственные выводы. За время проведения исследований студенты, специализирующиеся на кафедре химии, неоднократно выступают с научными докладами на научных конференциях, на заседаниях студенческой научно-исследовательской лаборатории «Аналитика и аналитики». Именно такая форма работы со студентами готовит их в дальнейшем к успешной защите дипломных работ.

Решающее значение для качественного обучения студентов имеет опыт работы преподавателей с ними в области подготовки дипломных работ, умение изменять план подачи материала в зависимости от ситуации в ходе проведения исследований, обучать их грамотно формулировать выводы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савченко, Т. В. К вопросу о развитии познавательной самостоятельности студентов вуза [Электронный ресурс] / Т. В. Савченко // Концепт : науч.-метод. электрон. журн. – 2014. – № 2. – С. 26–30. – Режим доступа: <https://istina.msu.ru/journals/3542165/?p=2>.

2. Елагина, В. С. Развитие познавательной самостоятельности студентов педагогического вуза / В. С. Елагина // Инновац. развитие проф. образования. – 2023. – № 2 (38). – С. 63–68.

[К содержанию](#)

УДК 37.013.46

А. А. ШИХАЛОВА

Беларусь, Гомель, ГомГМУ

**ПРОБЛЕМНОЕ И ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ
КАК СОВРЕМЕННЫЕ АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ
ПРЕПОДАВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ**

Высшее образование в современном, быстро меняющемся мире сталкивается с новыми вызовами и потребностями. Поэтому для осуществления эффективного и актуального образовательного процесса требуется постоянное введение инноваций. Для этого методы преподавания в вузах подвергаются быстрому развитию в соответствии с современными технологическими и педагогическими тенденциями. Необходимым для современного активного обучения является создание условий для продуктивной учебной деятельности студентов посредством таких форм, как дискуссии, групповые проекты, презентации и другие формы работы, которые способствуют более глубокому пониманию материала.

Самыми актуальными сегодня можно считать инновационные методы обучения, одними из которых являются проблемное обучение и проектное обучение.

Проблемно-ориентированное обучение (Problem-Based Learning, PBL) – один из ведущих инновационных методов преподавания в вузах. Его суть заключается в том, что преподаватель ставит перед студентами реальные проблемы или имитированные сценарии и позволяет им активно участвовать в поиске решений. Данная методика стимулирует самостоятельное и критическое мышление, развивает навыки коммуникации и сотрудничества, а также способствует глубокому пониманию предметной области, формирует навыки применения знаний на практике. Кроме того, студенты активно участвуют в решении задач и анализе ситуаций, что способствует глубокому пониманию материала [1].

Главная задача проблемного обучения – формирование познавательной самостоятельности обучающихся, развитие их логического, рационального и критического мышления, а также предполагает не только

усвоение результатов научного познания, но и самого пути познания, способов творческой деятельности. Основная задача проблемного обучения заключается в открытии обучающимися, под руководством преподавателя, выводов науки, способов действия, изобретение новых предметов или способов приложения знаний к практике [2; 3].

Содержание проблемной ситуации следует рассматривать как учебную проблему, создающую потребность решения интеллектуальной задачи, желание мыслить и оперирующую такими понятиями, как проблемная задача, проблемный вопрос, проблемное задание, проблемность как принцип обучения [4].

Проблемная задача обозначает учебную проблему с четкими условиями, задаваемыми преподавателем или кем-либо из обучаемых, и в силу этого получившую ограниченное поле поиска.

Проблемный вопрос входит в состав проблемной или отдельно взятой учебной задачи. Вопросы, стимулирующие мышление, начинаются с таких вопросительных слов и словосочетаний, как «почему», «отчего», «как (чем) это объяснить», «как это понимать», «как доказать (обосновать)», «что из этого следует (какой вывод)» и т. п.

Проблемное задание – это учебное задание, составляемое в форме проблемной задачи или проблемного вопроса (вопроса-проблемы) в целях постановки обучаемых в проблемную ситуацию. Они по своему содержанию могут быть разные: одни построены на противоречиях реальной жизни (практики) или противоречивых высказываниях известных авторов, другие – на противоречиях в развитии самой науки, связанных с еще не решенными проблемами и различными точками зрения ученых на них [5].

Проблемность как принцип обучения – дидактический принцип. Суть его такова: при организации процесса обучения содержание учебного материала не преподносится в готовом виде, а дается в составе проблемной задачи как неизвестное искомое. Оно может становиться известным и усваиваться только в результате собственной поисковой мыслительной деятельности обучающихся по решению проблемной задачи. Таким образом, проблемность как принцип обучения в вузе не только требует особым образом организовать содержание усваиваемых знаний, но и диктует особую методику его усвоения – через мыслительные действия обучающихся по поиску этого содержания.

Применение данного метода предполагает следующее:

1) выбор актуальных проблем, которые имеют отношение к реальной жизни, связанные с реальными профессиональными ситуациями, имеющими практическую значимость;

2) формулировка задач, требующие анализа данных;

3) групповая работа, когда разделенные на группы студенты решают поставленную задачу. Работа в группах способствует обмену идеями, стимулирует дискуссии, укрепляет навыки коммуникации;

4) исследование и анализ, предполагающие поиск и изучение необходимых данных, статистики, теорий и концепций, которые могут помочь студентам разработать аргументированные решения для представленных проблем. Студентам предоставляется свобода выбора методов и подходов для анализа и решения проблемы, что способствует развитию самостоятельности и исследовательских навыков;

5) дискуссии и презентации после завершения анализа. Представление результатов, обсуждение, ответы на вопросы помогают развить навыки публичных выступлений и способность аргументировать свою точку зрения;

6) критический анализ предполагает обсуждение, во время которого студенты могут анализировать и сравнивать различные подходы к решению задачи, аргументировать свои позиции и критически оценивать предложенные решения.

Проектное обучение (Project-Based Learning, PBL) предлагает студентам реализовывать проекты, связанные с реальными проблемами или вызовами. Этот метод акцентирует внимание на практическом применении знаний и навыков, помогает студентам развить творческое мышление, решать проблемы в команде и развивать профессиональные компетенции. Проектное обучение также способствует лучшему усвоению материала и формирует навыки самоорганизации. Проектное обучение – это методология обучения, при которой студенты активно участвуют в реальных или имитированных проектах, которые требуют анализа данных, принятия решений и разработки стратегий. Это позволяет им применить теоретические знания на практике и развить навыки критического мышления, сотрудничества и решения проблем [3].

Проект является одним из стандартных методов обучения. Обычно это считается средством, с помощью которого учащиеся могут развить независимость и ответственность и попрактиковать социальные и демократические типы поведения.

Метод проекта является подлинным продуктом американского прогрессивного образовательного движения. Он был подробно описан и впервые окончательно определен У. Х. Килпатриком в его эссе «Метод проекта», которое стало известным во всем мире [6; 7].

Существует два основных подхода к реализации проекта. Согласно исторически сложному подходу, студенты делают два шага: они обучаются систематическому курсу, получая навыки и знания, которые творчески и независимо применяются в проектах. Согласно второму

подходу, инструкция преподавателя не предшествует проекту, а интегрирована в него. Они обсуждают все необходимые проблемы и изучают необходимые методы и концепцию. Наконец, они выбирают проект самостоятельно. Студентам дается время для размышлений на всех этапах проекта и возможность оценить свой прогресс. Множество преподавателей используют серию небольших проектов, чтобы помочь студентам развить постоянно растущую компетентность в решении практических задач [7].

Инновационные методы преподавания в вузе стимулируют активное участие студентов в образовательном процессе, развивают навыки, необходимые для современного рынка труда, и способствуют лучшему усвоению материала. Проблемно-ориентированное обучение, проектное обучение являются лишь некоторыми из множества инновационных методов, которые могут быть применены в вузовском образовании.

Актуальным в настоящее время является такой запрос сферы образования, как формирование метапредметных компетенций, а именно умение работать в команде, лидерские качества, высокие коммуникационные навыки [7]. Важно постоянно обновлять и адаптировать методы преподавания, чтобы готовить студентов к успешной карьере и жизни в быстро меняющемся мире. Современные методы обучения обычно комбинируют несколько подходов для достижения максимальной эффективности и адаптации к потребностям разнообразных студентов [1].

Технология реализации вышеописанных методов, таких как проектное обучение и проблемно-ориентированное обучение, дает возможность оптимально сочетать мультимедийные ресурсы и цифровые технологии, что способствует практическому закреплению знаний, совершенствованию приобретенных компетенций [7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першина, И. Б. Современные эффективные методы преподавания в вузе / И. Б. Першина, Ю. О. Кабаканова // Вестн. науки. – 2023. – Т. 1, № 9 (66). – С. 15–20.
2. Сазонова, В. В. Проблемное обучение в вузе / В. В. Сазонова, С. А. Скребнев, Е. Н. Скребнева // Экономика и социум. – 2015. – № 3(16). – С. 435–439.
3. Сазонова, В. В. Проблемная лекция в аграрном вузе / В. В. Сазонова // Экономика и социум. – 2014. – № 2 (11). – С. 882–888.
4. Сазонова, В. В. Методы активного обучения в аграрном вузе / В. В. Сазонова // Междунар. журн. приклад. и фундам. исслед. – 2014. – № 5-1. – С. 130–131.
5. Бордовская, Н. В. Педагогика / Н. В. Бордовская, А. А. Реан. – СПб. : Питер, 2006. – 304 с.

6. Kilpatrick, W. H. The project method / W. H. Kilpatrick // Teachers college record. – 1918. – Vol. XIX, No. 4. – P. 319–335.

7. Баймаханов, А. Б. Новые методы и технологии обучения в вузе: обзор зарубежного опыта / А. Б. Баймаханов // Проблемы соврем. образования. – 2019. – № 6. – С. 266–277.

[К содержанию](#)

УДК 372.863+372.854

Е. И. ШОМИНА

Российская Федерация, Воронеж, ВГАУ имени императора Петра I

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ИЗУЧЕНИИ КУРСА «КОРМЛЕНИЕ ЖИВОТНЫХ» СТУДЕНТАМИ ЗООВЕТЕРИНАРНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Изучение курса «Кормление животных», согласно Федеральным государственным образовательным стандартам Российской Федерации, является обязательным компонентом подготовки бакалавров по направлениям 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза», 36.03.02 «Зоотехния» и специалистов по специальности 36.05.01 «Ветеринария».

Указанная прикладная дисциплина профессиональной подготовки базируется на ряде фундаментальных учебных дисциплин, в том числе на изучении химии. Знание общей и неорганической химии, органической и биологической химии, особенно аналитической химии, является необходимым условием для успешного освоения курса «Кормление животных» [3].

Первый раздел курса – зоотехнический анализ кормов – фактически представляет собой применение методов аналитической химии к оценке питательной ценности кормов по химическому составу. Подчеркивается, что химический состав корма характеризует его потенциальную возможность удовлетворять потребности организма животного в питательных и биологически активных веществах [2].

В зоотехнической практике при определении питательности корма по химическому составу не принято четко дифференцировать по химическому составу отдельные органические вещества, а используя приемы качественного и количественного анализа определяют несколько групп веществ. При зоотехническом анализе корма, в отличие от аналитической химии, определяют не чистые химические соединения, а группы веществ, сходные по структурным и функциональным физиологическим свойствам,

например, по растворимости в определенных растворителях и т. д. Поэтому такие группы веществ, определяемые при зооанализе, называют «сырыми». Выделяют сырую золу, сырой протеин, сырой жир, сырую клетчатку, сырые безазотистые экстрактивные вещества.

Сырая зола включает макроэлементы, микроэлементы, примеси (песок, несгоревшие частицы угля и т. п.). Макроэлементы (натрий, калий, кальций, магний, фосфор, сера, хлор) содержатся в кормах в количествах, измеряемых в г на кг корма, микроэлементы – в мг на кг корма. Сырая зола включает остатки не только минеральных, но и органическо-минеральных соединений кормов. По содержанию золы нельзя судить о форме, в которой находились минеральные вещества в корме или теле животного. Сырую золу в ходе зооанализа определяют как остаток, полученный после сжигания корма в муфельной печи. В дальнейшем в сырой золе определяют кальций и фосфор.

Метод определения кальция заключается в образовании в щелочной среде малодиссоциированного комплексного соединения катионов кальция с трилоном Б и определении эквивалентной точки при титровании с использованием металлиндикаторов. С этим методом студенты уже познакомились в курсе аналитической химии.

Метод определения фосфора основан на образовании в кислой среде фосфорно-ванадо-молибдитного комплекса желтого цвета. При концентрации фосфора 0,001-0,020 мг/мл интенсивность окраски пропорциональна содержанию элемента.

Сумма органических веществ определяется при зоотехническом анализе как разность между сухим веществом и сырой золой.

Под сырым протеином понимают все азотсодержащие вещества корма. К сырому протеину относятся белки и азотсодержащие вещества небелкового характера, так называемые амиды, включающие аминокислоты, амиды кислот, нитраты, нитриты, соли аммония и другие содержащие азот как органические, так и неорганические вещества.

Сырой протеин в корме определяют методом Кьельдаля. Метод основан на окислении органического вещества исследуемого корма концентрированной серной кислотой при нагревании. Серная кислота разрушает углеводы и жиры до углекислого газа и воды, которые улетучиваются. Белки корма гидролизуются до аминокислот, при дальнейшем распаде под действием серной кислоты образуется аммиак (NH_3), который поглощается децинормальной серной кислотой, а избыток взятой серной кислоты титруют децинормальной щелочью. По количеству связанной серной кислоты определяют количество азота в корме, зная, что 1 мл 0,1 н H_2SO_4 соответствует 0,0014 г азота, а 1 г азота в среднем образует 6,25 г сырого протеина.

Сырой жир при зоотехническом анализе определяется методом обезжиренного остатка. Сырой жир включает в себя группу веществ, извлекаемых из корма эфиром или другим органическим растворителем. В группу этих веществ (эфирный экстракт) входят липиды, стеарины, красящие вещества, жирорастворимые витамины А, Д, Е, К, половые гормоны.

Сырая клетчатка – группа веществ, которые остаются нерастворенными в слабом растворе кислоты и слабом растворе щелочи. Эту группу веществ представляет собственно клетчатка или целлюлоза, полупродукты синтеза клетчатки, инкрустирующие вещества – лигнин, кутин, пектиновые вещества. В целом высокое содержание сырой клетчатки в кормах свидетельствует о пониженном содержании доступных питательных веществ корма, т. е. такие корма являются низкопитательными.

Безазотистыми экстрактивными веществами принято считать все питательные вещества, за исключением воды, сырой золы, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки. Следовательно, к этой группе веществ относятся сахара (легкорастворимые в воде при обычной температуре), пектиновые вещества (легкорастворимые в горячей воде), крахмал, пентозаны и небольшое количество гемицеллюлозы (легкорастворимые в слабых кислотах и щелочах). Содержание безазотистых экстрактивных веществ в корме устанавливают соответствующим расчетным путем.

Таким образом, с точки зрения современной дидактики химические аспекты изучения курса «Кормление животных» наглядно демонстрируют реализацию ряда принципов [1].

Принципы взаимосвязи и единства теории и практики в обучении, фундаментальности образования и его профессиональной направленности означают, что любое научное знание прямо или опосредованно служит практике и выводится в конечном счете из нее.

Принцип систематичности и системности содержит очень важное требование логичности, последовательности и преемственности, когда каждое последующее знание или умение базируется на предшествующем и продолжает его.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загвязинский, В. И. Теория обучения: Современная интерпретация : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 031000 «Педагогика и психология» / В. И. Загвязинский. – М. : Академия, 2001. – 187 с.

2. Зооанализ [Электронный ресурс] : метод. указания для лаб. работ для обучающихся по направлению 36.03.02 «Зоотехния» / сост. Е. И. Шомина. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2020. – Режим доступа: <http://catalog.vsau.ru/elib/metod/m156953.pdf>.

3. Шомина, Е. И. Методы и технологии обучения зооветеринарным дисциплинам : учеб. пособие для обучающихся по направлению 36.04.02 «Зоотехния» / Е. И. Шомина. – Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2017. – 139 с.

[К содержанию](#)

УДК 535.651.1

М. Ф. ШУКУРОВА, П. ХЫДЫРОВ

Туркменистан, Туркменабад, ТГПИ имени С. Сейди

ОСОБЕННОСТИ ГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКЕ

Графический метод решения химических задач широко применяется при управлении технологическими процессами в химической промышленности и в анализе готового продукта в химических лабораториях при определении значений различных химических параметров. При химическом анализе сырья и готового продукта используют графики функциональной зависимости для определенной химической реакции [1, с. 37].

Графический метод можно использовать для решения химических задач о смесях, определения соотношения смешивания растворов, нахождения химических формул веществ, для определения констант скорости и порядка реакций. На основе данных эксперимента, заданных в условии задачи, обычно составляют линейную функцию и строят ее график. Значение искомой величины можно определить с помощью графика.

В работе изучены особенности использования графического метода на примере определения константы скорости и порядка химических реакций. Задачи такого типа чаще всего представлены на олимпиадах по химии. По условиям конкурса учащимся предстоит правильно и быстро выполнить задание. Из уроков математики нам известно, что построение некоторых графиков требует много труда и времени.

В данной статье на конкретном примере рассматривается проблема быстрого решения задачи графическим методом.

Определение порядка и константы скорости реакции графическим методом проводится в следующей последовательности. Чтобы найти порядок реакции графическим методом, необходимо определить кон-

центрацию реагента (C_i) в разные моменты времени (τ_i) в ходе реакции. Данные представлены в условиях расчетных задач по кинетике. Для решения экспериментальных задач эти данные приходится определять самостоятельно опытным путем. При этом следует учитывать, что ошибки, допущенные при определении концентрации реагирующих веществ в разные моменты времени по ходу проведения реакции, влияют на величину порядка химической реакции. Поэтому, чтобы эффективно использовать этот метод, необходимо точно определить концентрацию вещества в ходе реакции. Затем необходимо преобразовать дифференциальное уравнение скорости реакции в линейное уравнение.

Пусть кинетическое уравнение химической реакции будет представлено в таком виде:

$$v = -\frac{dC}{d\tau} \approx -\frac{\Delta\bar{C}_i}{\Delta\tau_i} \approx k\bar{C}_i^n \quad (1)$$

где, $\Delta C_i = C_{i+1} - C_i$ – изменение концентрации вещества за период времени ($\Delta\tau_i = \tau_{i+1} - \tau_i$); $\bar{C}_i = \frac{C_{i+1} + C_i}{2}$ – средняя концентрация реагирующего вещества за данный промежуток времени, n – порядок реакции по данному веществу; k – константа скорости реакции. Чем меньше промежуток времени ($\Delta\tau_i$), тем точнее расчеты по этой формуле.

Теперь преобразуем кинетическое уравнение (1) в линейное уравнение:

$$\ln \frac{-\Delta\bar{C}_i}{\Delta\tau_i} = \ln k + n \ln \bar{C}_i \quad (2)$$

Возьмем функцию, заданную формулой $y = kx + b$ (где k и b – некоторые числа). Пусть значение логарифма средней скорости протекания реакции на данном интервале времени ($\ln \frac{-\Delta\bar{C}_i}{\Delta\tau_i}$) будет равно значению y – переменной величины (функция), а значение логарифма текущей концентрации реагента ($\ln \bar{C}_i$) будет соответствовать значению x – переменной (аргумент). Логарифм константы скорости ($\ln k$) будет равен некоторому числу b , которое равно длине отрезка отсекаемого прямой на оси ординат [2, с. 80]. Тангенс угла наклона этой прямой k – угловой коэффициент равен порядку химической реакции (n): $k = \operatorname{tg} \alpha = n$ (рисунок 1).

Чтобы графическим методом определить порядок и константу скорости химической реакции, необходимо определить длину отрезка отсекаемого прямой на оси ординат и тангенс угла наклона этой прямой.

Для этого необходимо построить график зависимости логарифма средней скорости реакции $\left(\ln\left(-\frac{\Delta c_i}{\Delta \tau_i}\right)\right)$ от средней концентрации реагента на данном интервале времени $(\ln \bar{c}_i)$. Прежде чем построить график, необходимо сделать таблицу, содержащую эту информацию. Числа k и b определяются после построения графика.

Современные научные калькуляторы позволяют определить искомые числа k и b быстро и точно. В работе представлен способ определения этих значений с помощью научного калькулятора модели Deli № 1710.

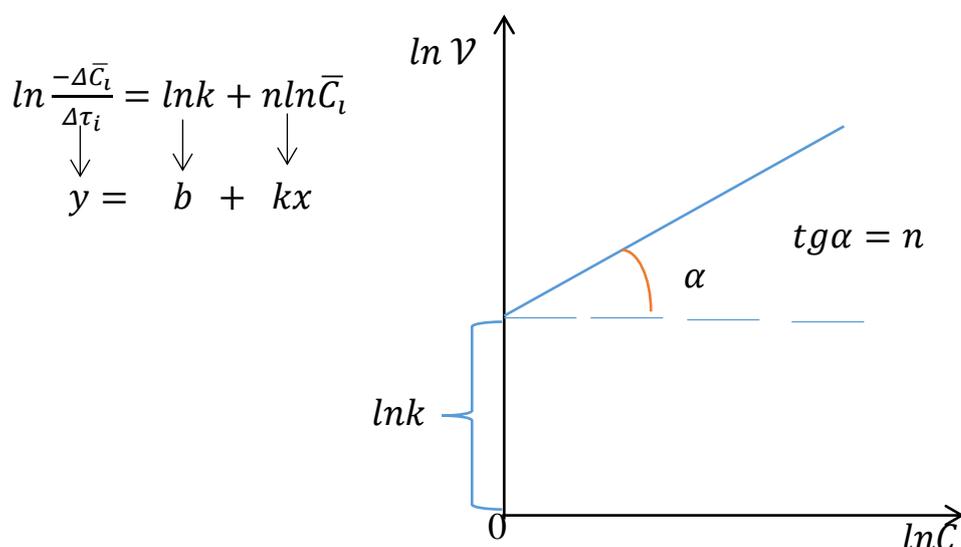
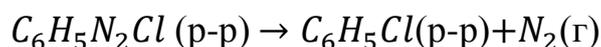


Рисунок 1 – Определение константы скорости и порядка реакции графическим методом

Ниже подробно рассматривается решение задачи с графическим методом на основе вышеописанного алгоритма.

Задача. Уравнение разложения фенилд иазохлорида:



За ходом этой реакции наблюдали, измеряя объем выделенного азота. При 323 К и начальной концентрации 10 г/дм³ были получены следующие результаты (таблица 1).

Таблица 1

τ , мин.	6	9	12	14	22	26	30	∞
$V_{N_2}, \text{см}^3$	19,3	26,2	32,4	37	45,1	48,2	50,5	58,3

С помощью графического метода необходимо определить порядок реакции и рассчитать среднюю константу скорости реакции [3, с. 67].

Решение. Проанализировав данные таблицы (1), построим схему изменения количества во времени фенилдиазохлорида и продуктов его разложения в данной реакции:



	$C_6H_5N_2Cl$	C_6H_5Cl	N_2
τ	n_0	0	0
$\tau > 0$	$n_0 - x$	x	x
$\tau \rightarrow \infty$	0	x_∞	x_∞

Как видно из схемы, количество (x) разложившегося фенилдиазохлорида в данный момент времени равно количеству выделившегося азота. Зная объем азота при некоторой температуре и давлении, можно найти его количество по формуле: $x = \frac{PV_T}{RT}$, где V_T – объем азота к моменту времени τ . Начальное количество фенилдиазохлорида (n_0) равно количеству азота, выделившемуся по окончании процесса:

$$n_0 = x_\infty = \frac{PV_\infty}{RT},$$

где, V_∞ – объем азота после завершения процесса. Тогда можно выразить текущую концентрацию фенилдиазохлорида:

$$C_\tau = \frac{m}{V} = \frac{(n_0 - x)M}{m_0/C_0} = \frac{(n_0 - x)M}{Mn_0} \cdot C_0 = \frac{V_\infty - V_T}{V_\infty} \cdot C_0,$$

где m – масса фенилдиазохлорида в текущий момент времени, V – объем раствора, в котором протекает реакция, M – молекулярная масса фенил-диазохлорида, C_0 – его начальная концентрация, а m_0 – его начальная масса.

Рассчитаем значения логарифмов средних концентраций и скоростей реакции для всех интервалов времени и занесем полученные данные в таблицу 2. Затем с помощью компьютерной программы «Живая геометрия» на основе таблицы 2 строим график и определяем числа k и b (рисунок 2).

Таблица 2 – Значения логарифмов и скоростей всех интервалов времени

τ	V_T	C_i	$\ln C_i$	$\ln \frac{-\Delta C_i}{\Delta \tau_i}$
0	0	10	2,12	-0,595
6	19,3	6,69	1,808	-0,93
9	26,2	5,506	1,604	-1,037
12	32,4	4,443	1,398	-1,336
15	37	3,654	1,085	-1,617
22	45,1	2,264	0,692	-2,018
26	48,2	1,732	0,429	-2,316
30	50,5	1,338		

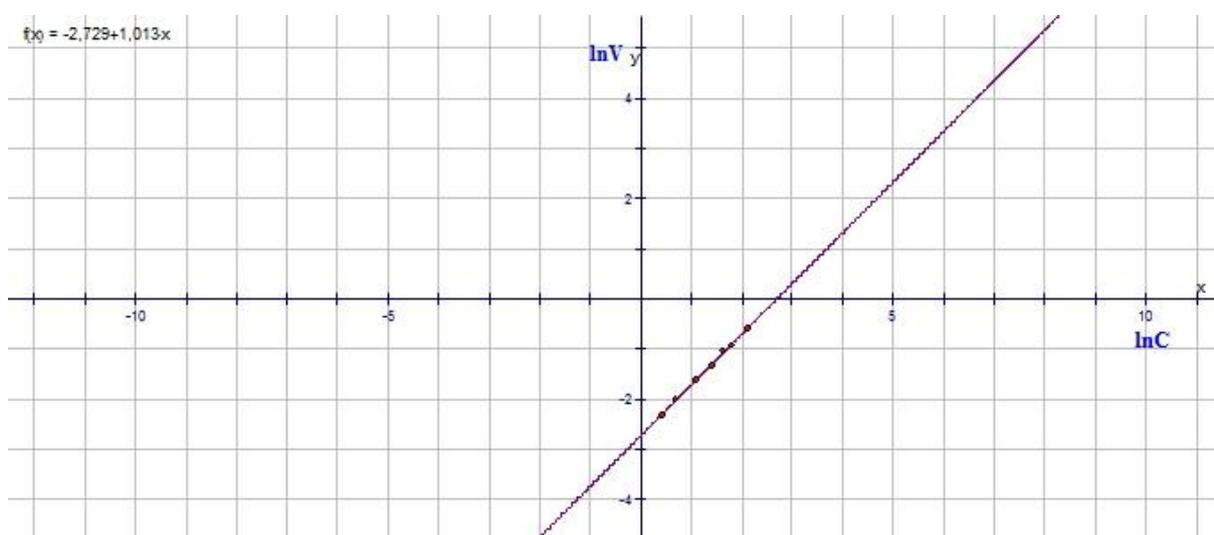


Рисунок 2 – График зависимости логарифма скорости реакции от логарифма текущей концентрации фенилдиазохлорида

В ходе работы для нахождения длины отрезка, отсекаемого прямой на оси ординат (b), и тангенса угла наклона прямой (k) использован научный калькулятор. Для этого:

1. Данные значений аргумента (x) и значений функции (y) вносим в память калькулятора в следующей последовательности:

$$2,12 \boxed{\square} - 0,595 \boxed{DT}$$

$$1,808 \boxed{\square} - 0,930 \boxed{DT}$$

$$1,604 \boxed{\square} - 1,037 \boxed{DT}$$

$$1,398 \boxed{\square} - 1,336 \boxed{DT}$$

$$1,085 \boxed{\square} - 1,617 \boxed{DT}$$

$$0,692 \boxed{\square} - 2,018 \boxed{DT}$$

$$0,429 \boxed{\square} - 2,316 \boxed{DT}$$

2. Чтобы найти длину отрезка, отсекаемого прямой на оси ординат, необходимо следующая последовательность:

SHIFT **S – VAR** **▷▷** 1.

Откуда получим: $A = -2,729$.

1. Чтобы найти тангенс угла наклона прямой, необходима следующая операция:

SHIFT **S – VAR** **▷▷** 2.

В итоге получим: $B = 1.0132$.

Далее следует определить константу скорости и порядок реакции, исходя из полученных результатов:

$$\ln k = -2.729; k = e^{-2.729} = 0.06528$$

$$n = 1.013$$

Таким образом, порядок реакции разложения фенилдиазохлорида равен 1, а константа скорости $k = 0.06528 \text{ s}^{-1}$.

Выводы. 1. В ходе использования графического метода при решения задач по химической кинетике выявлены следующие ее методические преимущества:

а) простота и четкость расчетов во время определения значения искомых величин;

б) возможность определения дробных порядков химических реакций.

2. Показаны возможности компьютерных программ для быстрого вычисления необходимой информации по графику.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерыгин, Д. П. Методика решения задач по химии / Д. П. Ерыгин, Е. А. Шишкин. – М. : Просвещение, 1989. – 176 с.

2. Крамор, В. С. Повторяем и систематизируем школьный курс алгебры и начал анализа / В. С. Крамор. – М. : Просвещение, 1990. – 416 с.

3. Колпакова, Н. А. Сборник задач по химической кинетике / Н. А. Колпакова, С. В. Раманенко, В. А. Колпаков. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2008. – 280 с.

[К содержанию](#)