

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

МЕНДЕЛЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2025

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

Брест, 20 февраля 2025 года

Брест
БрГУ имени А. С. Пушкина
2025

ISBN 978-985-22-0850-5

© УО «Брестский государственный
университет имени А. С. Пушкина», 2025

Об издании – 1, 2

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

Рецензенты:

декан факультета повышения квалификации ГУО «Брестский областной институт
развития образования» кандидат биологических наук, доцент **В. И. Бойко**
доцент кафедры инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный
технический университет» кандидат технических наук, доцент **Э. А. Тур**

Менделеевские чтения – 2025 : электрон. сб. материалов Респ.
науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 20 февр. 2025 г. /
Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. С. Ступень (отв. ред.),
И. В. Бульская, Е. Г. Артемук. – Брест : БрГУ, 2025. – 252 с. – URL:
<http://rep.brsu.by/handle/123456789/10424>.
ISBN 978-985-22-0850-5.

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 формате pdf.

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», 2025

2 – производственно-технические сведения

- Использованное ПО: Windows 8, Microsoft Office 2013;
- ответственный за выпуск Ж. М. Селюжицкая, технический редактор О. Г. Хадыева, корректор О. Г. Хадыева, компьютерный набор и верстка Н. С. Ступень;
- дата размещения на сайте: 09.06.2025;
- объем издания: 3,96 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.

В НАЧАЛО

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

Арабей С. М., Слонская С. В., Круплевич В. Ч., Новиков М. А. Фотостабильность фенилтиозамещенного Al-фталоцианина в органической полимерной и нанопристой силикатной матрицах	9
Артемук Е. Г., Барымова А. С. Влияние эпикастастерона и его конъюгата с янтарной кислотой на морфометрические параметры и содержание фотосинтетических пигментов в растениях подсолнечника однолетнего.....	14
Белоус Н. Х., Родцевич С. П., Лукша О. В. Химическая интенсификация обжига доломитового сырья при получении магнезиальных вяжущих	18
Будник В. С. Влияние модификации малыми концентрациями аммония иодида на процесс деградации монохлорзамещенных металлорганических перовскитов	24
Будник В. С., Тучковский А. К. Улучшение качества покрытий при осаждении олова в электролитах с органическими добавками	29
Василевская А. В., Колбас Н. Ю. Сахаро-кислотный индекс столовых сортов винограда культивируемых в условиях г. Бреста	34
Василевский Е. А., Минеева И. В. Синтез вербенона из α -пинена с использованием N-гидроксифталимида.....	37
Гордунов Г. А., Минеева И. В. Синтез новых циклопропансодержащих гетероциклических соединений и анализ их потенциальной биоактивности <i>in silico</i>	42
Гречаник Н. Ф. Фосфорсодержащие кайнозойские отложения территории юго-западной части Беларуси	47
Демидчик А. В. Расчет концентрации и подвижности носителей заряда для фольг сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного германием.....	52
Догель А. Я., Минеева И. В. Синтез новых 3-гидрокси-2-оксииндолов и <i>in silico</i> прогноз их биологических мишеней и побочного действия	55
Домась А. С. Влияние двух биопрепаратов в качестве почвенных добавок на фитотоксичность почвы в условиях свинцового загрязнения ..	60
Дорошук А. А. Аналитическое исследование содержания цезия-137 в радиоактивных аэрозолях г. Пинска за период 2020–2024 гг.	65
Дроздова Н. И. Анализ анионного состава вод нецентрализованного водоснабжения в населенных пунктах в районе размещения полигона твердых коммунальных отходов г. Гомеля	68

Кайдалова М. О., Колбас Н. Ю., Колбас А. П. Влияние эколого-совместимых технологий выращивания малины обыкновенной на содержание фенольных соединений в плодах.....	73
Кароза С. Э. Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгата с янтарной кислотой на начальный рост и биохимические показатели гречихи посевной тетраплоидного сорта Омега	77
Касторных Л. И., Каклюгин А. В., Пейчев Ю. Ю. Экологическая эффективность рециклинга строительных отходов для производства бетонных смесей.....	82
Коваленко В. В. Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами на морфометрические показатели тимopheевки луговой в вегетационном лабораторном эксперименте.....	87
Колбас А. П., Нестерук В. С., Михальчук Н. В., Колбас Н. Ю., Хвощевский М. И., Дашкевич М. М. Оценка аэраьного загрязнения потенциально токсичными элементами лесных экосистем юго-запада Беларуси методом сфагновых ловушек	90
Корзюк О. В. Сортоспецифичная реакция амаранта трехцветного на применение эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами	94
Макаренко Т. В., Пырх О. В. Изучение загрязнения воды и донных отложений водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий тяжелыми металлами.....	99
Максимук А. В., Ленивко С. М. Эффективность влияния фитогормонов <i>in vitro</i> на органогенез у двух типов микропобегов малино-ежевичного гибрида сорта Мерион	104
Матусевич Н. М., Мелянчук К. Р. Содержание хлорофилла в листьях некоторых представителей рода <i>Anthurium</i> L.....	108
Мисюля Д. И., Минеева И. В. Мультикомпонентные реакции получения 2-амино-3-циано-4 <i>H</i> -хроменов и оценка их антибактериальных свойств <i>in vitro</i>	111
Пинчук В. И., Левковская М. В. Фитоиндикационная оценка состояния поверхностных вод в условия промзоны г. Гомеля	116
Поддубная О. В., Александрович У. О. Краткий экскурс в химические особенности полимеров.....	119
Серый А. И. Задачи квантовой механики об атоме гелия и молекуле водорода: сходства и различия	124
Тарасюк А. Н., Савчук В. В. Влияние 24-эпикастастерона и его конъюгата 2-моносалицилата 24-эпикастастерона на митотическую активность клеток корневой меристемы ячменя обыкновенного	128

Тур Э. А., Русак Е. Ю. Физико-химические исследования объекта «Здание почты в г. Лиде Гродненской области» как объекта историко-культурного наследия Республики Беларусь	132
Франтов Д. И., Минеева И. В. Влияние протонных кислотных катализаторов на региоселективность реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения азометин-илида к бензилиденацетофенону	136
Халецкая Е. И. Получение супрамолекулярных комплексов включения нифедипина с циклодекстринами	140
Шкуратова Н. В. Аллелопатические особенности инвазионных растений семейства <i>Asteraceae</i>	143
Шпигун А. В., Хвещук М. Я., Левчук Н. В. Проблемы очистки природных и сточных вод от соединений железа и нитратов	147
Щербакова А. Б., Врублевская О. Н., Бычковская М. О. Катализаторы для электрохимического выделения водорода из раствора щелочи на основе аморфных порошков NiWP и NiP	152
Яковец Н. В., Лукша О. В., Сычева О. А. Фазовые превращения нефтяных смолисто-асфальтеновых веществ, модифицированных ПАВ, при температурном воздействии	157

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Бойко В. И., Питенко Е. Н. О состоянии преподавания химии в учреждениях общего среднего образования Брестской области	162
Букато А. Н. Формирование функциональной грамотности учащихся при обучении химии через межпредметные проблемные ситуации	166
Бульская И. В. Изучение химического анализа при подготовке студентов специальности «Биология и химия» в БрГУ имени А. С. Пушкина	169
Бычек И. В. Первичная оценочная диагностика уровня подготовки и мотивации к обучению в вузе	173
Василевская Е. И. Кодирование и визуализация информации в химическом образовании	176
Гурская В. Ю., Пантелеева С. М. Формирование функциональной грамотности учащихся при изучении химии	181
Жукович М. А., Ступень Н. С. Организация научно-исследовательской работы учащихся по химии в учреждениях общего среднего образования	184

Каклюгин А. В., Касторных Л. И. Особенности преподавания темы «Сульфатостойкие цементы» учебной дисциплины «Строительное материаловедение»	186
Ковалева И. В., Поддубная О. В. Практико-ориентированный вектор изучения биологической химии студентами специальности «Производство продукции животного происхождения»	191
Каваленка А. М. Выкарыстанне прафесійна арыентаваных відэаматэрыялаў у навучанні замежнай мове студэнтаў прыродазнаўчых спецыяльнасцей	194
Коваленко В. В., Ступень Н. С. Содержательный компонент предметной химической компетенции (на примере дисциплины «Коллоидная химия»)	197
Конопацкая О. А., Ступень Н. С. Программа факультативного курса по химии с использованием данных мониторинга выбросов загрязняющих веществ	200
Кунцевич З. С. Совершенствование профессиональной компетентности преподавателей в условиях реализации образовательной программы повышения квалификации «Содержание и методические аспекты преподавания дисциплин химического профиля в медицинском университете»	203
Кунцевич З. С., Кононова Т. А., Деменкова Н. В., Конюшко Т. А. Организация рубежного контроля знаний по химии у англоговорящих студентов медицинского университета (на примере раздела «Учение о растворах»)	206
Малашонок И. Е., Радченко С. Л., Салычиц О. И., Ашуйко В. А., Гвоздева Н. А. Активизация работы студентов на лекциях	210
Мартысюк И. А. Формирование биолого-химических понятий в дисциплине «Биология. 11 класс»	214
Мелюх А. В., Корзюк О. В. Интеграция вопросов химизации сельского хозяйства в школьный курс химии	217
Нехайчик А. А. Интеграция химических знаний при становлении инженера-агрария	220
Поддубная О. В. Химические экспериментальные задачи в образовательном процессе	222
Поддубная О. В. Химия в приложении к аграрным специальностям	225
Потапченко А. А., Дроздова Н. И. Роль дисциплины «Русский язык как иностранный» при подготовке специалистов химико-биологического профиля	229

Радченко С. Л., Гвоздева Н. А., Ашуйко В. А., Малашонок И. Е., Радченко Ю. С. Организация обучения китайских студентов в БГТУ	233
Сечко О. И. Формирование функциональной грамотности учащихся	236
Ступень Н. С., Коваленко В. В. Методические аспекты интерактивного обучения дисциплине «Методика решения задач по химии»	240
Тур Э. А., Чупий Е. А. Лабораторный практикум по исследованию качества зерна при изучении дисциплины «Технологии переработки зернового сырья» студентами специальности «Машины и аппараты пищевых производств»	245
Хаданович А. В. Интерактивное обучение аналитической химии на биологическом факультете	250

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

УДК 535.372; 535.34

**С. М. АРАБЕЙ, С. В. СЛОНСКАЯ, В. Ч. КРУПЛЕВИЧ,
М. А. НОВИКОВ**

Беларусь, Минск, БГАТУ

**ФОТОСТАБИЛЬНОСТЬ ФЕНИЛТИОЗАМЕЩЕННОГО
Al-ФТАЛОЦИАНИНА В ОРГАНИЧЕСКОЙ ПОЛИМЕРНОЙ
И НАНОПОРИСТОЙ СИЛИКАТНОЙ МАТРИЦАХ**

В большинстве случаев практических применений металло-фталоцианинов предпочтение имеют твердотельные материалы, допированные мономерными формами этих соединений, обладающие высокой фотостабильностью. Органические полимеры, окрашенные молекулами фталоцианинов, которые сохраняют мономерную форму примеси, как правило, имеют невысокую термическую, механическую и световую стойкость [1]. В силикатных ксерогелях на основе тетраэтоксисилана и винилтриэтоксисилана (ТЭОС+ВТЭОС) внедренные металлофталоцианины частично сохраняют исходную мономерную форму [2; 3]. Одним из недостатков таких силикатных материалов является то, что некоторая часть примесных молекул находится в агрегированной форме с измененным спектром поглощения и невысоким квантовым выходом люминесценции. В работе [4] был получен люминесцентный силикатный ТЭОС-материал с добавкой фенилтиозамещенного Al-фталоцианина – $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$, который способен сохранять мономерную форму и обладает люминесценцией в ближней ИК-области. Длительное возбуждение материала в УФ-области не приводило к изменению спектров поглощения и флуоресценции, что свидетельствовало о его высокой световой стойкости. Авторы [4] связывают такие свойства материала с особенностями молекулярной структуры $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ – способностью аксиального ОН-лиганда атома Al участвовать в реакции поликонденсации ТЭОС.

Цель настоящей работы – изучить световую стойкость молекул $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в органической матрице поливинилбутираля (ПВБ) и нанопористой силикатной ТЭОС+ВТЭОС гель-матрице.

Фотостабильность образцов изучалась путем регистрации интенсивности флуоресценции $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$, возбуждаемой излучением импульсных лазерных диодов с $\lambda_{\text{ген}} = 405$ нм и 652 нм при комнатной температуре. Лазерное излучение мощностью 1 мВт фокусировалось на образце в пятно площадью 0,1 мм². Частота следования импульсов 1 Гц.

На рисунке 1, *а* показаны стационарные спектры поглощения (кривая 1) и флуоресценции при $\lambda_{\text{возб}} = 345$ нм (кривая 2) (PhS)₄-PcAlOH в ПВБ при 298 К. Природа наблюдаемых полос подробно описана в работе [4]. Установлено, что при возбуждении флуоресценции излучением лазерного диода с $\lambda_{\text{ген}} = 652$ нм (электронно-колебательная область Q-полосы поглощения) интенсивность флуоресценции (регистрация в максимуме полосы при 747 нм) не изменяется (рисунок 1, *б*) – примесные молекулы (PhS)₄-PcAlOH в ПВБ при таких условиях возбуждения фотостабильны. Другая ситуация наблюдается (рисунок 1, *в*) при возбуждении излучением лазерного диода с $\lambda_{\text{ген}} = 405$ нм (область полосы Core). На начальном этапе интенсивность флуоресценции падает почти в 2 раза за 600 с. В темновых условиях (второй этап эксперимента) фиксируется медленное восстановление интенсивности: за 1500 с темновой паузы интенсивность восстановилась на ~12 %. Точки на «темновой» кривой соответствуют интенсивности флуоресценции образца, полученной от одного импульса фотовозбуждения в разные моменты темновой паузы.

Падение интенсивности флуоресценции при возбуждении в УФ-области обусловлено уменьшением количества возбуждаемых примесных центров (PhS)₄-PcAlOH. Поскольку ансамбль молекул медленно восстанавливается, то можно предположить, что молекулы не подвержены необратимой фотодеструкции. Наблюдаемая кинетика уменьшения интенсивности флуоресценции может быть обусловлена влиянием радикалов, образуемых в полимерной матрице при УФ-возбуждении и их влиянии на пути деградации энергии возбуждения молекул примеси. В темновых условиях возможен процесс рекомбинации радикалов, что и приводит к восстановлению ансамбля флуоресцирующих молекул. Возбуждение в области, примыкающей к ближнему ИК диапазону ($\lambda_{\text{возб}} = 652$ нм), не способно генерировать радикалы, что и обеспечивает фотостабильность молекул (PhS)₄-PcAlOH в ПВБ при таких условиях возбуждения.

Как показано в работе [4], внедрение молекул (PhS)₄-PcAlOH в смешанную ТЭОС+ВТЭОС гель-матрицу приводит к формированию двух типов примесных центров. Их наличие наглядно проявляется по спектру флуоресценции (рисунок 2, *а*, кривая 2), 0-0-полоса которого расщепляется на две компоненты при 691 и 707 нм.

Как и в случае матрицы ПВБ (рисунок 2, *б*), в органо-неорганическом ТЭОС+ВТЭОС ксерогеле не наблюдается изменения интенсивности флуоресценции каждого из двух типов примесных центров при возбуждении лазерным диодом с $\lambda_{\text{ген}} = 652$ нм (кривые не представлены).

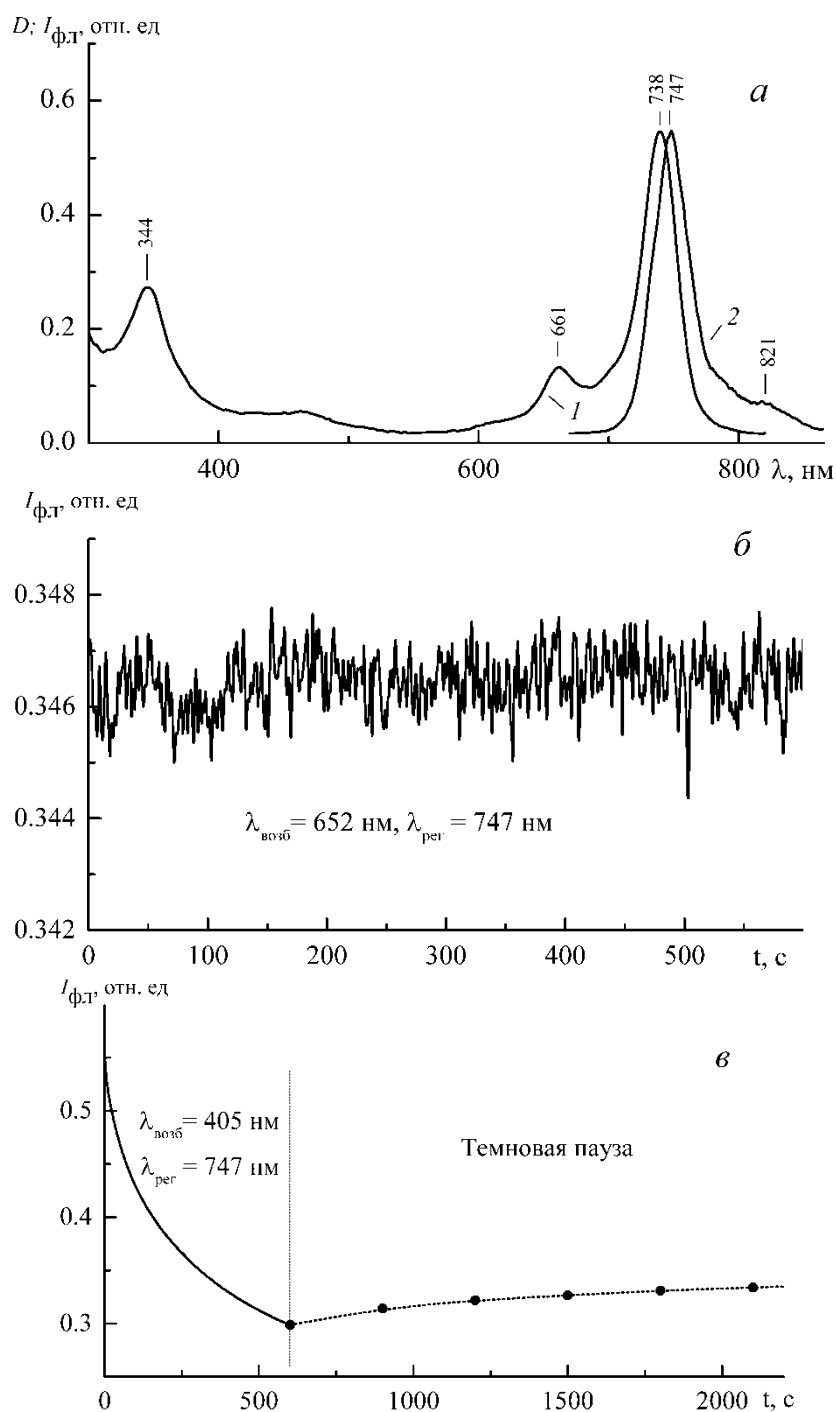


Рисунок 1 – Спектрально-люминесцентные и фотохимические свойства $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в ПВБ при 298 К:

- a* – спектры поглощения (1) и флуоресценции при $\lambda_{\text{возб}} = 345 \text{ нм}$ (2);
б – временная зависимость интенсивности флуоресценции при $\lambda_{\text{возб}} = 652 \text{ нм}$
и $\lambda_{\text{рег}} = 747 \text{ нм}$; *в* – временное изменение интенсивности флуоресценции
при $\lambda_{\text{возб}} = 405 \text{ нм}$ и $\lambda_{\text{рег}} = 747 \text{ нм}$ и длительности темновой паузы

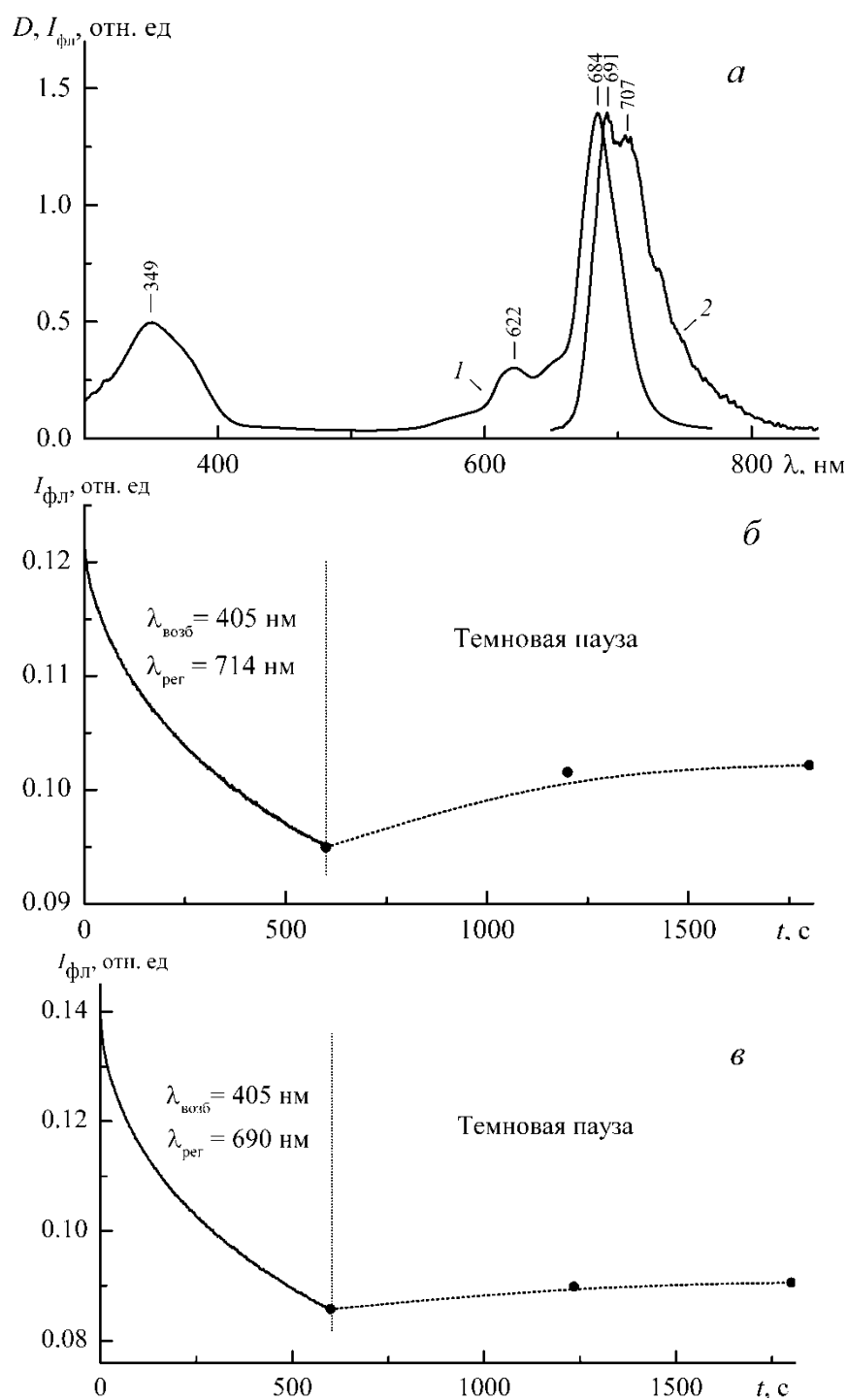


Рисунок 2 – Спектрально-люминесцентные и фотохимические свойства $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$ в ТЭОС+ВТЭОС матрице при 298 К:

- a* – спектры поглощения (1) и флуоресценции при $\lambda_{\text{возб}} = 349$ нм (2);
б – временная зависимость интенсивности флуоресценции при $\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм и $\lambda_{\text{рег}} = 714$ нм; *в* – временное изменение интенсивности флуоресценции при $\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм и $\lambda_{\text{рег}} = 690$ нм и длительности темновой паузы

Возбуждение в области полосы Core ($\lambda_{\text{возб}} = 405$ нм) приводит к заметному падению интенсивности флуоресценции каждого примесного центра. На рисунках 2, б и 2, в начальные участки кинетических кривых свидетельствуют о быстром падении интенсивности флуоресценции у двух типов примесных центров. За 600 с лазерного возбуждения интенсивность флуоресценции длинноволнового центра уменьшается на ~22 %, а коротковолнового – на 36 %. Во время темповой паузы свечение примесных центров медленно восстанавливается: за 1200 с темновой паузы длинноволновый центр восстановился на ~8 %, а коротковолновый – на ~6 %. Согласно данным [4], отличие примесных центров – в их локальном окружении. Предположительно, изменение интенсивности свечения обусловлено генерацией свободных радикалов в органо-неорганической ТЭОС+ВТЭОС гель-матрице и их влиянием на параметры флуоресценции молекул $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$.

Выводы. Изучено влияние локального окружения на фотостабильность $(\text{PhS})_4\text{-PcAlOH}$. В органической полимерной матрице (ПВБ) и нанопористой ТЭОС+ВТЭОС силикатной гель-матрице краситель фотостабилен при возбуждении в красной области спектра поглощения и претерпевает спектральные изменения при УФ-возбуждении с их последующим темновым восстановлением. Наблюдаемая УФ-нестабильность связывается с образованием в матрице свободных радикалов, влияющих на параметры флуоресценции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Frackowiak, D. Spectral Properties of Phthalocyanines Oriented in Stretched Polymer Films / D. Frackowiak, R.-M. Ion, A. Waszkowiak // The Journal of Physical Chemistry B. – 2002. – Vol. 106, nr. 51. – P. 13154–13160.

2. Павич, Т. А. Влияние межмолекулярных взаимодействий и аксиальных лигандов на спектры поглощения металлофталоцианинов в твердотельных матрицах / Т. А. Павич, С. М. Арабей, К. Н. Соловьев // Журнал прикладной спектроскопии. – 2018. – Т. 85, № 1. – С. 5–13.

3. Спектральное проявление агрегации молекул октакарбоксофталоцианина и его цинкового комплекса в нанопористой силикатной гель-матрице / Т. А. Павич, И. В. Станишевский, Д. Т. Кожич [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2020. – Т. 87, № 4. – С. 611–616.

4. Спектральные и агрегационные свойства молекул фенилтиозамещенного Al-фталоцианина в нанопористых силикатных матрицах / С. М. Арабей, Т. А. Павич, И. В. Станишевский, С. Crépin // Журнал прикладной спектроскопии. – 2022. – Т. 89, № 2. – С. 145–152.

[К содержанию](#)

УДК 577.175.1:581.143

Е. Г. АРТЕМУК, А. С. БАРЫМОВА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТА
С ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ
ПИГМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ ПОДСОЛНЕЧНИКА
ОДНОЛЕТНЕГО**

В настоящее время активно изучаются вопросы, касающиеся биологических свойств brassinosterоидов (далее – БС), совершенствуются технологии их синтеза и разрабатываются на их основе новые препараты для применения в растениеводстве [1]. Доказано, что в небольших концентрациях БС оказывают положительное влияние на урожайность и качество урожая некоторых сельскохозяйственных культур. Они эффективные иммуномодуляторы, увеличивают устойчивость растений к стрессу, регулируют рост и развитие растений, улучшают бутон- и плодообразование, способствуют обильному цветению. Данные препараты рекомендуются для обработки различных сельскохозяйственных культур (зерновые, бобовые, картофель и овощи, сахарная свекла, лен, хлопок), а также для применения в декоративном садоводстве, ландшафтном дизайне и городском озеленении.

Перспективным направлением является модификация структуры молекул за счет их конъюгации с органическими кислотами. В связи с этим продолжаются исследования фитостероидных гормонов – brassinosterоидов и их новых синтезированных производных (конъюгатов) с целью определения наиболее эффективных концентраций и способов обработки, оказывающих влияние на функциональные параметры (морфометрические и биохимические), в особенности на рост и урожайность растений.

Целью данного исследования являлся анализ влияния 24-эпикастастерона и его конъюгата с янтарной кислотой на морфометрические параметры и содержание фотосинтетических пигментов в растениях подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) сорта Гелиос, выращенного в защищенном грунте в результате вегетационного лабораторного опыта [2], с изучением параметров длины подземной и надземной частей, а также содержания основных фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов) [3; 4].

Для проведения вегетационного опыта (в почвогрунте) были использованы наиболее эффективные концентрации исследуемых веществ:

24-эпикастастерон (ЭК) в концентрации 10^{-8} М, тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439) в концентрациях 10^{-9} М и 10^{-6} М, которые в предварительном лабораторном опыте оказывали наибольший эффект на рост корней и побегов подсолнечника однолетнего. Используемые БС синтезированы в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси.

При предпосевной обработке семена подсолнечника замачивали в растворах ЭК и его конъюгата S439 на 5 часов, далее высаживали в пластиковые контейнеры и выращивали в лабораторных условиях вегетационного эксперимента в течение месяца. В качестве контроля использовались растения, обработанные водой. Растения выращивали в условиях постоянной влажности почвы. Вегетационные емкости перемещали ежедневно по схеме, обеспечивающей однородные условия роста и развития растений. Все опыты проводились в четырехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили по общепринятым методикам биологической статистики с использованием программы Microsoft Excel и t-критерия Стьюдента.

Исследование воздействия ЭК и его конъюгата S439 на морфометрические параметры подсолнечника однолетнего (средняя длина корней и средняя длина побегов) показало, что положительное влияние на рост корней и побегов оказывал ЭК и его конъюгат S439 в концентрации 10^{-9} М при предпосевном замачивании семян подсолнечника (таблица 1, рисунок 1). Так, при обработке ЭК в концентрации 10^{-8} М длина корней увеличивалась незначительно (на 0,3 %), а побегов – на 12,3 % (различия статистически достоверны). При предпосевном замачивании семян подсолнечника в S439 в концентрации 10^{-9} М длина корней увеличивалась на 3,8 %, побегов – на 5,6 % по сравнению с контролем (различия статистически достоверны только для побегов).

Таблица 1 – Влияние 24-эпикастастерона и тетрасукцинат 24-эпикастастерона на морфометрические параметры подсолнечника однолетнего сорта Гелиос (вегетационный лабораторный опыт)

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	% к контролю	длина, мм	% к контролю
Контроль	98,8 ± 2,09	100,0	172,2 ± 3,47	100,0
ЭК ⁻⁸ М	99,1 ± 1,98	100,3	193,4 ± 3,26***	112,3
S439, 10^{-9} М	102,6 ± 2,32	103,8	181,8 ± 3,02*	105,6
S439, 10^{-6} М	92,6 ± 2,28*	93,7	179,9 ± 3,62	104,5

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

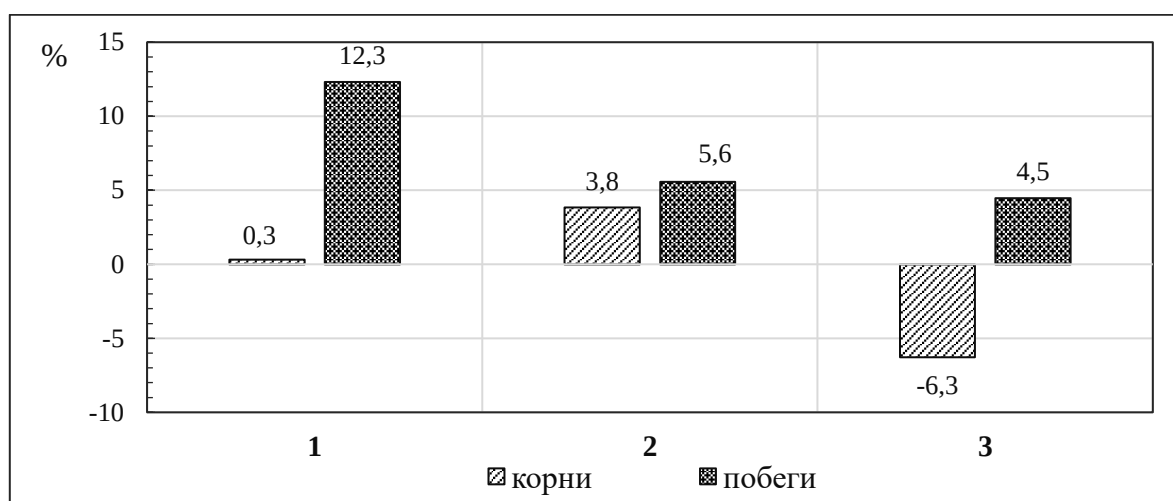


Рисунок 1 – Влияние ЭК и тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439) на морфометрические параметры подсолнечника однолетнего сорта Гелиос (в процентах относительно контроля):
1 – ЭК, 10⁻⁸ М; 2 – S439, 10⁻⁹ М; 3 – S439, 10⁻⁶ М

Исследование содержания основных фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника однолетнего проводилось с изучением концентрации хлорофилла *a* (Хл *a*), хлорофилла *b* (Хл *b*) и каротиноидов (Кар). При предпосевном замачивании семян подсолнечника в растворах brassinosteroids наблюдается увеличение содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях при использовании ЭК и его конъюгата S439 в концентрации 10⁻⁹ М. Так, содержание хлорофилла *a* увеличивается на 7,9–12,6 %, хлорофилла *b* на 2,0 %. При использовании конъюгата S439 в концентрации 10⁻⁹ М также наблюдается увеличение содержания каротиноидов в листьях (на 2,3 %) по сравнению с контролем, однако эти различия статистически не достоверны (таблица 2, рисунок 2).

Таблица 2 – Влияние 24-эпикастастерона (ЭК) и тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439) на содержание фотосинтетических пигментов подсолнечника однолетнего сорта Гелиос (вегетационный лабораторный опыт)

Вариант опыта	Содержание, мг/г		
	хлорофилла <i>a</i>	хлорофилла <i>b</i>	каротиноидов
Контроль	1,27 ± 0,03	0,51 ± 0,01	0,43 ± 0,01
ЭК ⁻⁸ М	1,37 ± 0,05	0,52 ± 0,02	0,43 ± 0,01
S439, 10 ⁻⁹ М	1,43 ± 0,04*	0,52 ± 0,01	0,44 ± 0,01
S439, 10 ⁻⁶ М	1,29 ± 0,05	0,50 ± 0,02	0,41 ± 0,03

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

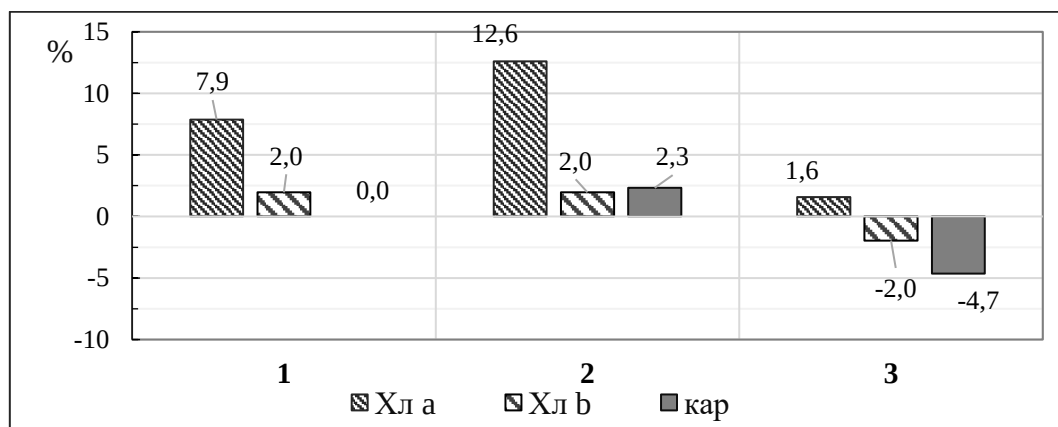


Рисунок 2 – Влияние ЭК и тетрасукуцинат 24-эпикастастерона (S439) на содержание фотосинтетических пигментов подсолнечника однолетнего сорта Гелиос (в процентах относительно контроля):
1 – ЭК, 10⁻⁸ М; 2 – S439, 10⁻⁹ М; 3 – S439, 10⁻⁶ М

Таким образом, по результатам вегетационного лабораторного опыта для подсолнечника однолетнего максимальным эффектом повышения морфометрических параметров (длины корня и побега) и содержания фотосинтетических пигментов обладает эпикастастерон в концентрации 10⁻⁸ М и его конъюгат – тетрасукуцинат 24-эпикастастерона (S439) в концентрации 10⁻⁹ М при использовании предпосевного замачивания семян.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных брассино-стероидов 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. (номер госрегистрации 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние регуляторов роста на накопление тяжелых металлов и проявление их токсического действия у высших растений / О. И. Яхин, А. А. Лубянов, И. В. Серегин [и др.] // *Агрохимия*. – 2014. – № 12. – С. 61–78.
2. Дышко, В. Н. Агрохимические методы исследований : учеб.-метод. пособие / В. Н. Дышко, В. В. Дышко, П. В. Романенко. – Смоленск : ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 48 с.
3. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу : учеб. пособие для студентов вузов / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова ; под ред. И. П. Ермакова. – М. : Академия, 2003. – 256 с.
4. Шульгин, И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // *Хлорофилл : сб. науч. ст.* / под ред. А. А. Шлыка. – Минск : Наука и техника, 1974. – С. 121–136.

[К содержанию](#)

УДК 666.962

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

Беларусь, Минск, Институт общей и неорганической химии
НАН Беларуси

ХИМИЧЕСКАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБЖИГА ДОЛОМИТОВОГО СЫРЬЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Магнезиальные вяжущие (далее – МВ) различного функционального назначения занимают важное место в белорусском строительном материаловедении и используются для получения теплоизоляционных, конструкционных, отделочных, закладочных, тампонажных материалов. Получение МВ осуществляется затворением активных компонентов магнезиального сырья (MgO) насыщенными растворами хлоридов, сульфатов и карбонатов магния [1]. Высокомагнезиальные породы (магнезиты и бруситы) применяются в производствах огнеупоров, металлического магния, пластмасс, между тем как для ресурсоэкономии и снижения стоимости МВ перспективно использование доломитового сырья, принадлежащего к наиболее распространенным низкомагнезиальным породам. Именно доломиты ($CaMg(CO_3)_2$) являются сопутствующей породой при добыче магнезитов и практически полностью складированы в отвалах, оказывая значительные нагрузки на окружающую среду.

Получение оксида магния из доломита проводят путем его обжига при высокой температуре [2]. На первой стадии процесса образуется MgO , необходимый для получения МВ, на второй – из неразложившегося кальцита ($CaCO_3$) формируется CaO , отрицательно влияющий на качество МВ [2]. Особенность термического разложения заключается в том, что эти стадии накладываются друг на друга, в результате сложно получить сырье с высоким содержанием MgO без образования CaO , способствующего растрескиванию и саморазрушению магнезиального камня, вследствие чего возникает необходимость подбора режима обжига с узким интервалом варьирования температуры. В данном случае процесс необходимо вести так, чтобы при максимальной декарбонизации $MgCO_3$ исключить разложение кальцита ($CaCO_3$).

Для решения данной проблемы перед обжигом используются пропитки доломита растворами интенсификаторов, среди которых хорошую эффективность демонстрируют хлориды щелочных и щелочноземельных металлов, что обусловлено способностью ионов адсорбироваться из водного раствора на заряженной поверхности доломита. При выборе

интенсификаторов исследователи руководствуются значениями ионного радиуса и электроотрицательности катиона и аниона, способностью при нагреве диссоциировать на ионы, условиями образования расплава (жидкой фазы) и температурой его плавления. Известно [3], что эффективность добавок убывает с увеличением электроотрицательности катионов в ряду $K^+ > Na^+ > Li^+ > Mg^{2+} > Zn^{2+} > Fe^{2+} > Cu^{2+}$ и уменьшением электроотрицательности аниона. К эффективным добавкам-интенсификаторам относят и хлориды магния и натрия, поскольку они содержат в структуре химически связанную воду и имеют слабые межионные связи [4]. В данной работе в качестве пропиточных растворов, которыми обрабатывали доломит, использовались жидкие отходы солевых разработок: отходы галита (ОГ), насыщенные растворы NaCl плотностью 1,35 г/см³, которые являются побочным продуктом флотационного, галургического и комбинированного обогащения полигалитов, а также их смеси (ОГ + БЩ) в массовом соотношении 1 : 10 с бишофитовым щелоком, насыщенным раствором $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ плотностью 1,33 г/см³ при концентрации 3 % от массы доломита. Важно отметить, что количество отходов солевых разработок с каждым годом увеличивается и их утилизация представляет собой актуальную задачу.

В настоящей работе проведен сравнительный анализ физико-механических характеристик образцов МВ, полученных с использованием необработанного и пропитанного интенсифицирующими хлоридными растворами ($CaMg(CO_3)_2$) («ОАО Доломит» (Руба, Витебская область, Республика Беларусь), в зависимости от режимов его обжига. Предварительно размолотые и отсеянные на сите 008 (остаток не превышает 35 %) образцы после обжига затворяли бишофитовым щелоком (БЩ), жидко-твердое соотношение смесей варьировали в пределах 0,58–0,85. Отмечено, что при использовании в качестве интенсификаторов растворов ОГ и ОГ+БЩ помол доломита перед затворением БЩ осуществлялся легко, что в дальнейшем позволит снизить затраты электроэнергии на данной стадии технологического процесса на производстве. Для МВ были определены сроки схватывания (начало и конец), кинетика набора прочности, плотность.

Влияние вида интенсификатора, времени и температуры обжига на изменения фазового состава доломита изучали методами термического и рентгенофазового анализа. При проведении термического анализа навеска пробы составляла 500–600 мг, скорость подъема температуры 5 °С/мин, максимальная температура 1000 °С. Полученные результаты (рисунок 1, кривая 1) свидетельствуют о том, что для исходного доломита характерно наложение температурных интервалов декарбонизации магниевой и кальциевой составляющих (830 °С), приводящее к необходимости точного

выдерживания режимов обжига и их регулирования в связи с возможными изменениями химико-минералогического состава доломита. Поскольку в промышленных масштабах это труднодостижимо, результатом является непригодный для строительных целей материал с высоким содержанием СаО. Применение растворов ОГ и ОГ+БЦ в качестве интенсификаторов при обжиге доломита (рисунок 1, кривые 2, 3) обуславливает не только снижение температуры декарбонизации магниевой составляющей до 620 °С (ОГ+БЦ), 680 °С (ОГ) и кальциевой компоненты до 800 °С, но и позволяет разделить данные процессы и создать широкий температурный интервал (620–800 °С) для получения качественного вяжущего.

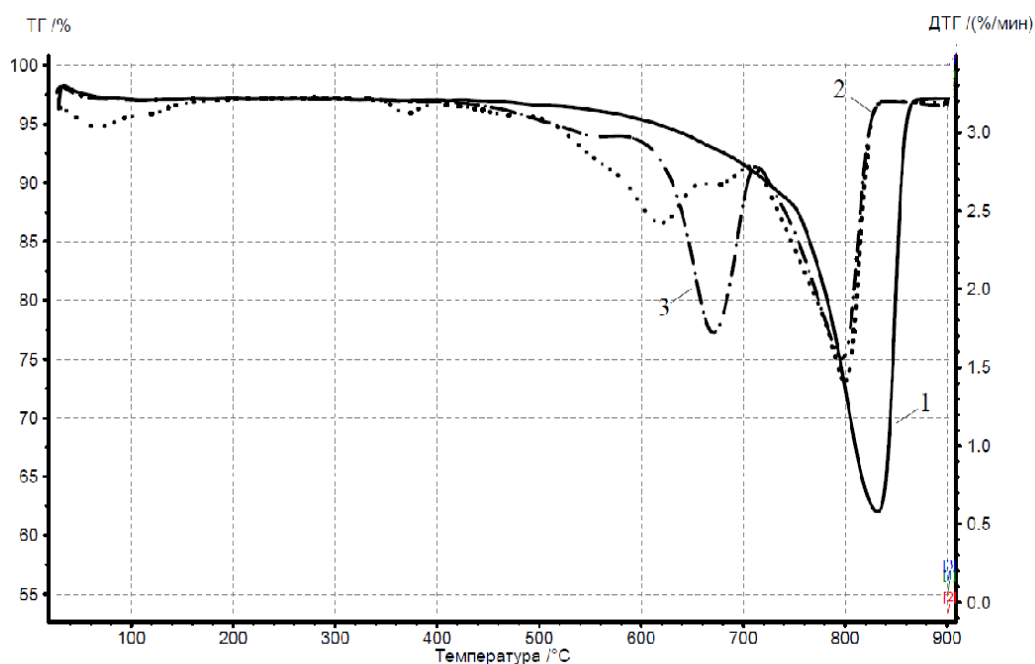


Рисунок 1 – Дериватограммы образцов немодифицированного доломита (1), доломита, пропитанного жидким ОГ (2) и смесью ОГ+БЦ (3)

Установлено, что для немодифицированного доломита оптимальная температура обжига составляет 800 °С, в то время как для модифицированного сырья это показатель снижен на 100 °С. Уменьшение температуры обжига позволит сократить расходы на топливо, увеличить выход продукции и повысит срок службы материала футеровки печи.

Результаты количественного рентгенофазового анализа доломитового сырья после его обжига представлены в таблице. Установлено, что содержание кристаллического MgO в немодифицированном доломите и доломите, обработанном смесью растворов ОГ+БЦ, составляет 32–35 и 33 % соответственно, при этом в пропитанном ОГ содержание

оксида магния не превышает 15 %. Однако следует отметить, что в немодифицированном доломитовом сырье фиксируется и большое содержание СаО, которое интенсивно увеличивается (до 52 %) при росте времени выдержки сырья, что объясняет низкие прочностные свойства МВ на его основе. Положительным моментом является то, что увеличение времени обжига образцов, модифицированных хлоридами, не приводит к резкому снижению количества кристаллического кальцита и росту содержания СаО.

Таблица – Зависимость содержания кристаллических фаз в обожженном доломите от времени обжига

Кристаллические фазы	Доломит			Доломит / ОГ			Доломит / БЩ+ОГ		
	Время обжига, мин.								
	60	120	180	60	120	180	60	120	180
MgO, мас. %	12	32	35	3	15	9	18	17	33
CaCO ₃ , кальцит, мас. %	81	22	8	86	77	83	76	74	48
CaO, мас. %	5	42	52	—	2	3	—	3	8
Mg ₄ Si ₆ O ₁₅ (OH) ₂ ·6H ₂ O, сепиолит, мас. %	2	—	—	—	—	—	2	—	—
Ca(OH) ₂ , гидроксид кальция, мас. %	—	4	5	—	—	—	—	3	8
NaCl, галит, мас. %	—	—	—	10	5	4	2	2	2
KCl, сильвит, мас. %	—	—	—	1	1	1	1	1	1
KMg ₃ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂ флогопит, мас. %	—	—	—	—	—	—	1	—	—

Эффективность снижения температуры в присутствии отхода ОГ+БЩ превышает эффект от пропитки ОГ, что обусловлено большей интенсификацией колебаний ионов кристаллической решетки доломита и ранним разрывом связей в ней. Пропитка ОГ+БЩ позволяет снизить температуру обжига доломита по сравнению с пропиткой ОГ на 60 °С. Объяснением большего эффекта такой пропитки является то, что, согласно [4], связь между ионом хлора и остальной частью молекулы у хлорида магния слабее, чем у хлорида натрия в 1,3 раза. Установлено, что с увеличением времени обжига модифицированных доломитов на свойства МВ показатель жидко-твердого соотношения, необходимого для получения теста нормальной густоты, возрастает почти в 2 раза, что свидетельствует об увеличении удельной поверхности и, соответственно, водопотребности используемого сырья. Плотности образцов МВ на основе щебня снижаются при увеличении времени обжига от 1,85 до 1,61 г/см³, т. е. рост продолжительности обжига способствует разрыхлению

структуры МВ, соответственно уменьшая прочностные показатели МВ. В соответствии с этим время выдержки доломита при обжиге не должно превышать 60 минут.

На основании представленных в таблице данных можно сделать вывод, что пропитанный доломит, в отличие от немодифицированного, состоит не из трех, а из двух основных кристаллических фаз, отвечающих за процесс твердения МВ (оксида магния и кальцита). Особенности формирования кристаллов MgO и кальцита, их форма и размеры определяют скорость химических реакций, протекающих при твердении МВ, структуру образующегося камня и его основные свойства, в первую очередь прочность МВ (рисунок 2).

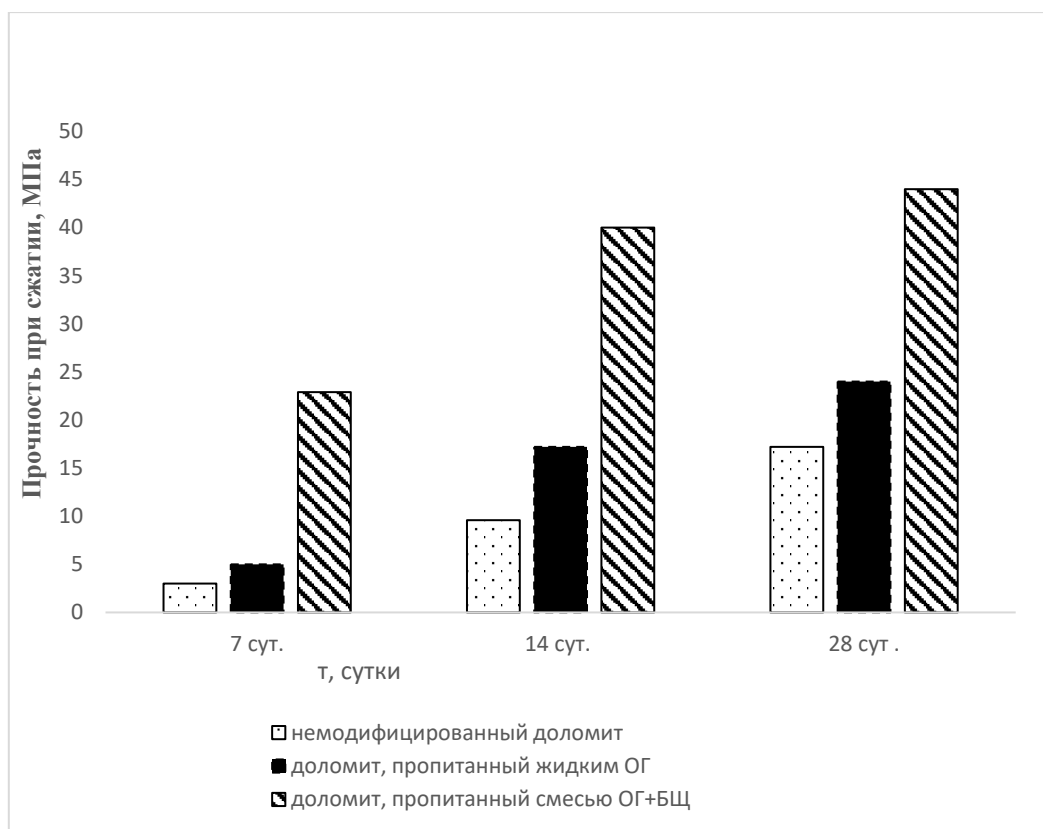


Рисунок 2 – Кинетика набора прочности при сжатии МВ на основе доломита

В модифицированных доломитах обнаруживается относительно невысокое содержание MgO , однако он может находиться в менее окристаллизованной, чем в исходном немодифицированном сырье, форме, что оказывает положительное влияние на его гидратационную активность. Кристаллохимические особенности его структуры, слабая степень окристаллизованности и высокая активность обеспечиваются присутствием

в системе микронаполнителя – кальцита, который препятствует росту кристаллов оксида, прочно срастается с продуктами твердения МВ, дополнительно упрочняя их. Как следует из результатов изучения прочностных характеристик МВ, интенсификация обжига доломитового щебня позволяет получить МВ, не уступающие по прочностным характеристикам вяжущим из высокомагнезиальных пород.

Таким образом, были оптимизированы режимы обжига доломитового щебня, модифицированного жидкими отходами галита и их смесью с бишофитовым щелоком и установлено, что оптимальным является обжиг щебня при 700 °С в течение 1 часа. При использовании указанных интенсификаторов удастся снизить максимумы декарбонизации составляющих щебня: магнезия на 150 и 210 °С, кальция – на 30 °С, разделить их, оптимизировать количественный состав, убрав оксид кальция и увеличив содержание кальцита, создать широкий температурный интервал получения качественного магнезиального вяжущего. Прочности при сжатии полученных на основе модифицированного щебня МВ достигают 43–45 МПа, что приближено к прочности МВ на основе брусита и магнезита. Учитывая, что стоимость доломитового сырья на порядок ниже стоимости последних, данное направление исследований является актуальным и перспективным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайвад, А. Я. Магнезиальные вяжущие вещества / А. Я. Вайвад. – Рига : Наука, 1971. – 315 с.
2. Марчик, Е. В. Твердение магнезиального цемента на основе каустического доломита / Е. В. Марчик // Весці НАН Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2010. – № 3. – С. 10–14.
3. Носов, А. В. Эффективность различных добавок-интенсификаторов при обжиге доломитов / А. В. Носов, Т. Н. Черных, Л. Я. Крамар // Строительные материалы. – 2014. – № 6. – С. 71–76.
4. Высокопрочное доломитовое вяжущее / А. В. Носов, Т. Н. Черных, Л. Я. Крамар, Е. А. Гамалий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 30–36.

[К содержанию](#)

УДК 549.641.1

В. С. БУДНИК

Беларусь, Минск, БГУИР

**ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ МАЛЫМИ
КОНЦЕНТРАЦИЯМИ АММОНИЯ ИОДИДА НА ПРОЦЕСС
ДЕГРАДАЦИИ МОНОХЛОРЗАМЕЩЕННЫХ
МЕТАЛЛОРГАНИЧЕСКИХ ПЕРОВСКИТОВ**

Внимание ученых уже давно привлечено к разработке эффективных средств преобразования солнечной энергии в электроэнергию. Повышенный интерес к фотоэлектрическому методу обусловлен реальной возможностью создания относительно стабильных, недорогих и простых в изготовлении солнечных элементов с относительно высоким коэффициентом преобразования энергии. По этим причинам в фотовольтаике востребованы гибридные металлоорганические перовскитные элементы [1].

Кристаллическая структура гибридных галогенплюмбатных металлоорганических перовскитов вида $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ рассматривается как неорганический блок соединенных по вершинам октаэдрических соединений PbI_6 , в кубооктаэдрических пустотах которого расположены метиламмониевые органические катионы CH_3NH_3^+ , связанные с анионной подрешеткой за счет электростатического взаимодействия (рисунок 1, а) [2].

Управляемая кристаллизация имеет практическое значение для получения высококачественных тонких пленок перовскита с уменьшенным количеством структурных дефектов. Доноры электронных пар (азот, кислород и сера) в качестве посторонних добавок связывают катионы металлов в перовскитах и влияют на латеральный рост кристаллитов. Образцы, модифицированные N- и O-донорами, показывают более компактную морфологию, повышенную кристалличность и размер зерен. В некоторых исследованиях использовались амины с длинными углеводородными хвостами для морфологической регуляции тонких пленок перовскита, но данные соединения показали неудовлетворительные результаты [3].

Влага является одним из наиболее распространенных факторов окружающей среды, влияющих на стабильность солнечных элементов. Предполагается деградация перовскитных пленок, механизм которой можно описать следующим образом: молекулы воды проникают в структуру перовскита и образуют промежуточный моногидрат $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и конечный дигидрат $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ перовскита. Молекулы воды в кристаллах перовскита образуют прочные водородные связи с органическими катионами $\text{O} \cdots \text{H}$, ослабляя связь $\text{H} \cdots \text{I}$ между

катионом и PbI_6 , что ускоряет депротонирование органического катиона и разрушение перовскита [4].

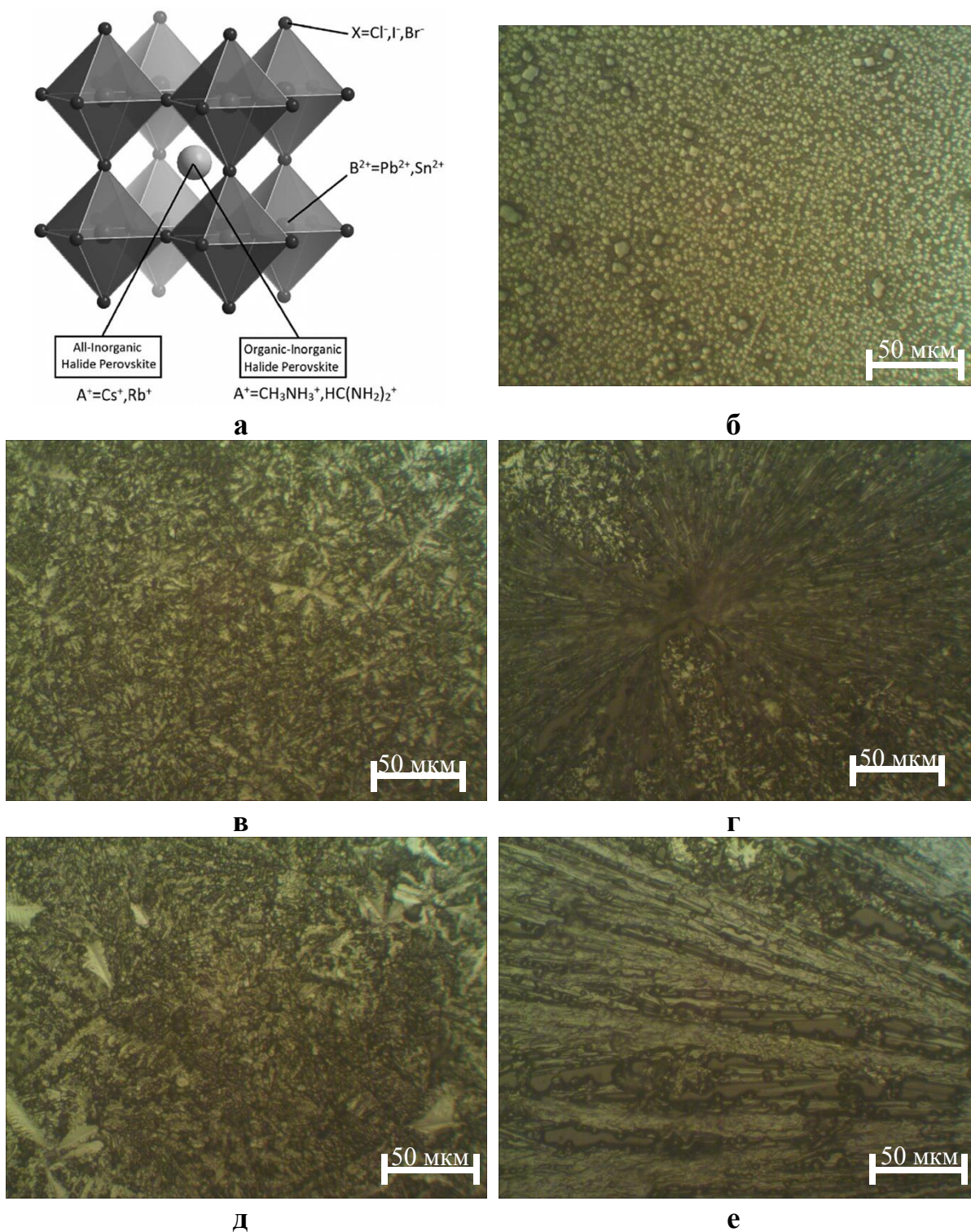


Рисунок 1 – Кристаллическая структура перовскита (а); морфология пленок исходного смешанного I/Cl перовскита (б), модифицированных: до (в – 5 г/л, д – 10 г/л) и после (з – 5 г/л, е – 10 г/л) деградации

Целью работы является исследование влияния модификации иодидом аммония в малых концентрациях (5 и 10 г/л) на химический состав и структуру перовскитных пленок до и после деградации. Пленки толщиной 0,8–1,0 мкм были получены центрифугированием (500 об/мин), затем отжигались при $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5 минут. Жидкофазный прекурсор перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_2$ (60 г/л) получали смешиванием хлорида метиламмония $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$ с PbI_2 (1 : 1) в диметилформамиде, NH_4I добавляли в нужном количестве при перемешивании небольшими порциями. Структуру полученных покрытий исследовали на оптическом микроскопе МКИ-2М при увеличении $\times 500$. Для фазового анализа перовскитных покрытий после 12 дней выдерживания в окружающей среде использовали рентгеновский дифрактометр ДРОН-3.0. Съемку рентгенограмм проводили с использованием излучения CoK_α ($\lambda = 1,78896\text{ \AA}$) со скоростью $1\text{ град}\cdot\text{мин}^{-1}$. Линии на рентгенограммах идентифицировали по данным картотек JCPDS и COD.

Пленки смешанного I/Cl перовскита, полученные при отсутствии модификаций и с добавкой NH_4I , имели черный цвет. Образец без добавок состоял из мелких квадратных кристаллитов 3,40–6,30 мкм с редкими промежутками между ними. Отдельные микрокристаллы собирались в частицы округлой формы диаметром до 9,0 мкм (рисунок 1, б). Содержание NH_4I 5 г/л приводило к значительному уменьшению размера и количества пустот, кристаллиты длиной 2,23–3,40 мкм собирались воедино в звездчатые агрегаты размерами 11,80–30,33 мкм (рисунок 1, в). Примерно через 20 минут после получения пленки образовались белые бантообразные кристаллы длиной около 2,0 мм (рисунок 1, г), что указывает на интенсивную деградацию с течением времени допированного перовскита.

Аналогичное поведение выявлено для концентрации аммониевой соли 10 г/л. В свежеприготовленном образце обнаружены многочисленные мелкие точечные и крупные листообразные кристаллиты длиной около 30 мкм, хаотично разбросанные по всей поверхности пленки (рисунок 1, д). Характер межкристаллитных промежутков не менялся. Через 30 минут образовались белые ветвящиеся соединения на всем образце (рисунок 1, е).

При изучении рентгенограмм смешанного I/Cl перовскита деградация исходного вещества ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{ClPbI}_2$) проявлялась в наличии рефлексов PbCl_2 ($2\theta = 25,80; 50,60; I = 2\text{--}3\%$), PbCl , HCl , HI и других продуктов разложения. Также обнаружены гидроксиды галогенидов ($\text{Pb}(\text{OH})\text{Cl}$, $\text{Pb}(\text{OH})\text{I}$) и оксигалогениды ($\text{Pb}_3\text{O}_2\text{I}_2$, Pb_2OCl_2 , $\text{Pb}_7\text{O}_8\text{Cl}_2$) свинца, $\text{PbO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Pb}(\text{OH})_2$ (рисунок 2, кривая 1). Содержание атомарного и молекулярного йода в незначительных количествах ($2\theta (\text{I}_2) = 34,10$ и $36,60; 2\theta (\text{I}) = 39,20$ и $50,60$) обнаруживается из-за окислительных и радикальных превращений Γ .

Наличие рефлексов соединения $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ объясняется протеканием реакции замещения с образованием более устойчивого йодного перовскита:



После обработки NH_4I изменение внешнего вида пленки указывало на усиление деградации, о чем свидетельствует увеличение количества и интенсивностей рефлексов, соответствующих продуктам разложения, основные из которых: PbICl , Pb_2OCl_2 , PbCl_2 , $\text{Pb}_{0,5}\text{Cl}_2$, $\text{Pb}(\text{OH})\text{Cl}$, $\text{Pb}(\text{OH})\text{I}$, $\text{Pb}_3\text{O}_2\text{I}_2$ (рисунок 2, кривая 2).

В отличие от исходного соединения, образующего моногидрат состава $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbClI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, в модифицированном перовските содержится и второй моногидрат $\text{NH}_4\text{ClPbI}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, наличие которого ускоряет разложение перовскита. Из-за отсутствия алкильных заместителей у катиона NH_4^+ , следствием чего является повышенная способность соответствующих веществ к гидратации, второй тип моногидрата образуется в большем количестве. О количестве молекул воды в гидратах свидетельствует обратимый характер изменения пленок: при нагревании в течение 20 с при $T = 100^\circ\text{C}$ происходит восстановление внешнего вида до первоначального, что характерно только для моногидратов.

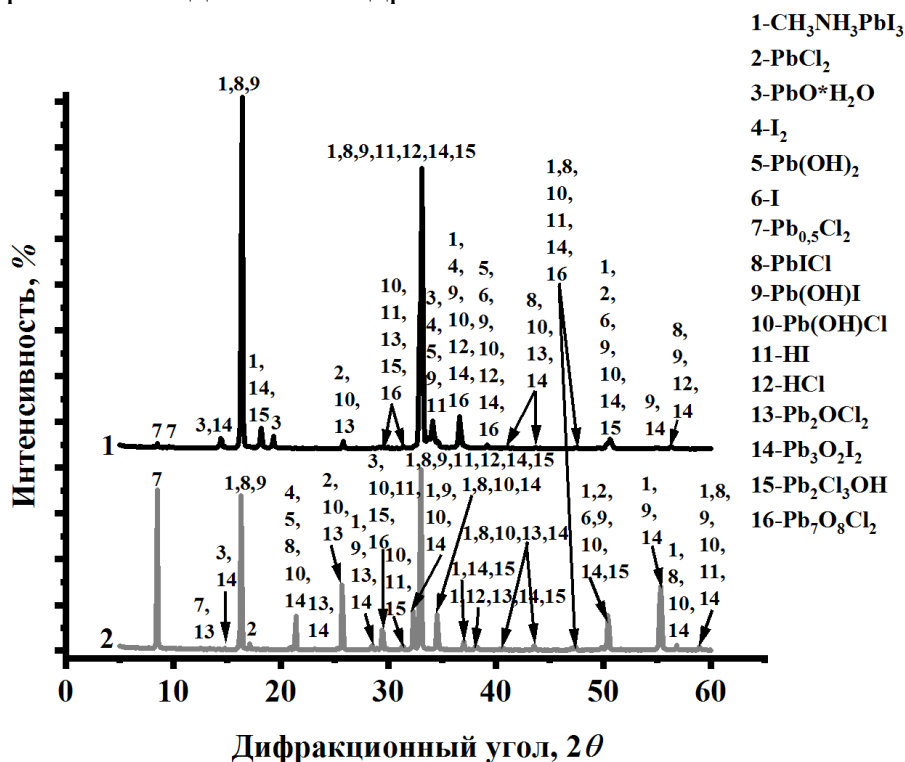
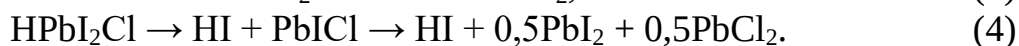
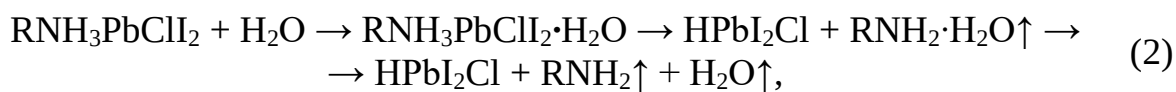


Рисунок 2 – Фазовый состав исходного I/Cl перовскита (1) и с добавлением NH_4I (10 г/л) (2) после нахождения 12 дней в окружающей среде

Основной процесс деградации может быть изображен ($R = CH_3, H$):



Таким образом, в ходе исследования структуры и фазового состава первоначального моноклорзамещенного перовскита была выявлена мелкокристаллическая структура поверхности, неизменная во времени. Деградация с образованием солей, оксигалогенидов и других соединений свинца обнаруживается только при фазовом исследовании пленок, которые подвергались воздействию факторов окружающей среды, основными из которых являются кислород и пары воды.

После добавления малых количеств NH_4I отмечалось ускорение разложения, которое заключалось в образовании белых кристаллов, состоявших в основном из $PbCl_2$, $PbICl$, $Pb(OH)Cl$, $Pb(OH)I$ и оксигалогенидов свинца, через 20–30 минут после получения пленок. Об ускорении процесса также свидетельствует заметное увеличение количества и интенсивности рефлексов, соответствующих продуктам разложения.

Определен состав образующихся в ходе деградации гидратов. На основании восстановления внешнего вида пленок до исходного при нагревании при $T = 100\text{ }^{\circ}C$ в течение 20 с выявлен обратимый тип гидратации, который характерен только для моногидратов.

Исходя из выполненных исследований и полученных результатов, было установлено негативное влияние малых количеств аммония йодида из-за его структурных и химических особенностей на морфологию и стабильность в окружающей среде I/Cl перовскитов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. McNelis, B. The Photovoltaic Business: Manufactures and Markets / B. McNelis // Series on Photoconversion of Solar Energy. – 2001. – Nr. 1. – P. 713.
2. Hydrogen Bonding and Stability of Hybrid Organic–Inorganic Perovskites / F. El-Mellouhi, A. Marzouk, El Tayeb Bentría [et al.] // ChemSusChem. – 2016. – Vol. 9, nr. 18. – P. 2648–2655.
3. Амины с длинными «хвостами» повысили стабильность перовскитных солнечных элементов // Элементы.ру. – URL: https://elementy.ru/novosti_nauki/433621/Aminy_s_dlinnymi_khvostami_povysili_stabilnost_perovskitnykh_solnechnykh_elementov (дата обращения: 08.02.2025).
4. Temperature-dependent thermal decomposition pathway of organic-inorganic halide perovskite materials / Lin Ma, Deqiang Guo, Mengting Li [et. al.] // Chemistry of Materials. – 2019. – Vol. 31, nr 20. – P. 8515–8522.

[К содержанию](#)

УДК 542.87

В. С. БУДНИК, А. К. ТУЧКОВСКИЙ

Беларусь, Минск, БГУИР

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ ПРИ ОСАЖДЕНИИ ОЛОВА В ЭЛЕКТРОЛИТАХ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

В настоящее время оловянные покрытия широко применяются в различных отраслях техники. Олово, осажденное химическими способами, имеет такие преимущества, как равномерность нанесения, отсутствием кристаллических образований сразу после осаждения и при длительном хранении, низкой пористостью, отсутствием нежелательных примесей. Эти качества необходимы для обеспечения процесса пайки олова и дальнейшего поверхностного монтажа, используемого в технологии изготовления печатных плат.

В промышленности для осаждения олова разработаны щелочные и кислотные электролиты. Наиболее применяемыми из кислотных электролитов являются сернокислые, т.к. они достаточно просты в приготовлении, стабильны в течение длительного промежутка времени и предоставляют возможность проведения процессов при комнатной температуре.

Типовой раствор для электролиза имеет следующий состав: (г/л): $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 12; H_2SO_4 – 40, Na_2SO_4 – 30. Полученные электрохимическим способом из подобных растворов покрытия отличаются хорошей плотностью сцепления с основой, равномерностью распределения металла по покрываемой поверхности [1].

Однако в таком электролите электрохимическое осаждение возможно только при низких плотностях тока ($j = 0,25\text{--}0,50 \text{ А/дм}^2$). Более того, при длительном электроосаждении наблюдается ухудшение качества покрытий, вплоть до отслоения и нежелательного увеличения зерен. При таком процессе возможно появление крупных кристаллитов величиной от 15 до 25 мкм и дендритных образований длиной от 0,2 до 1,5 мкм.

Следует отметить, что при электроосаждении металлов движущей силой роста зерна является сокращение поверхностной энергии границы раздела на границах зерен. Границы с высокой энергией образуют предпочтительные траектории для диффузии олова. При росте кристаллов граничная поверхность представляет собой область повышенного образования дефектов и искажений [2].

Окружение различно ориентированных и неправильных структур зерен может привести к тому, что после перекристаллизации будут созданы благоприятные условия для дальнейшего роста кристалла, что приводит к неблагоприятным морфологическим явлениям (например, рост «усов» – монокристаллов, образованных из металлического β -олова, с диаметром в несколько микрометров и длиной до 2–4 мм) [2].

Для решения проблем с дефектами и улучшения качества покрытий в ряде исследований были предложены добавки в электролит, в том числе и включающие поверхностно-активные вещества. В некоторых работах используются изотиурониевые соли и трихлорэтиламиды сульфоновых кислот, однако данные соединения характеризуются сложностью получения [3].

Целью работы являлось исследование влияния введения аминных добавок в электролит осаждения для исследования высоких плотностей тока при получении покрытий при высоких плотностях тока и увеличения длительности осаждения без ухудшения качества покрытий.

Осаждение олова проводилось на медную фольгу марки М1М толщиной 18 мкм. Перед осаждением фольгу подвергали травлению, чтобы получить развитой рельеф поверхности, в водном растворе перекиси водорода 5 г/л и серной кислоты 5 г/л в течение 30 с.

Для экспериментов был выбран электролит состава (г/л): $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 12; H_2SO_4 – 40, Na_2SO_4 – 30, этилендиамин либо анилин – 10–100. Длительность осаждения составляла 30 минут. Значения плотностей тока (j) варьировались в диапазоне 0,25; 0,50; 0,75 А/дм². После осаждения покрытий образцы тщательно промывали дистиллированной водой, сушили между листами фильтровальной бумаги и в сушильном шкафу при температуре 100 ± 5 °С.

Для расчета толщины формируемых покрытий проводили взвешивание на весах марки KERN ABT–220М с точностью до 10^{-5} г. Структура покрытий исследовалась на оптическом микроскопе МКИ-2М с увеличением в 500 раз.

Толщину полученных покрытий рассчитывали по формуле:

$$d = \frac{\Delta m \cdot 10000}{\rho \cdot S},$$

где d – толщина покрытия (мкм), Δm – разность масс образцов до и после осаждения покрытия (г), ρ – плотность покрытия (г/см³), t – время осаждения (с), S – площадь поверхности образца (см²).

Скорость роста полученных покрытий рассчитывали по формуле:

$$V = \frac{d}{t},$$

где V – скорость роста покрытия (мкм/ч), d – толщина покрытия (мкм), t – время осаждения (ч).

При электроосаждении олова наиболее качественные покрытия толщиной 0,30–0,92 мкм с зернами размерами 1,5–6,3 мкм (в среднем 2,1 мкм) и вытянутой формы, равномерные и не содержащие дендритов, получались при плотностях тока 0,25–0,5 А/дм². Причем оловянный слой получался сплошным при осаждении в течение 60 минут и более (рисунок 1, *а* и *б*). Результаты исследований показали, что скорость роста пленки с увеличением плотности тока возрастала линейно (рисунок 1, *в*).

При получении покрытий из электролита с добавкой этилендиамина оптимальный результат в виде прочных, равномерных, без оловянных «усов» и иных неблагоприятных морфологических явлений пленок толщиной 0,11–0,30 мкм был выявлен в следующих режимах: диапазон концентраций этилендиамина $C = 20$ –60 г/л для плотности тока $j = 0,25$ А/дм² и $C = 60$ г/л для $j = 0,50$ А/дм² (рисунок 2, *а*: $C = 20$ г/л, $j = 0,25$ А/дм², время осаждения $t = 30$ минут, размер частиц 1,0–2,1 мкм). При $C > 60$ г/л для всей исследуемой области j выявлено интенсивное выделение водорода, ухудшающее качество покрытий.

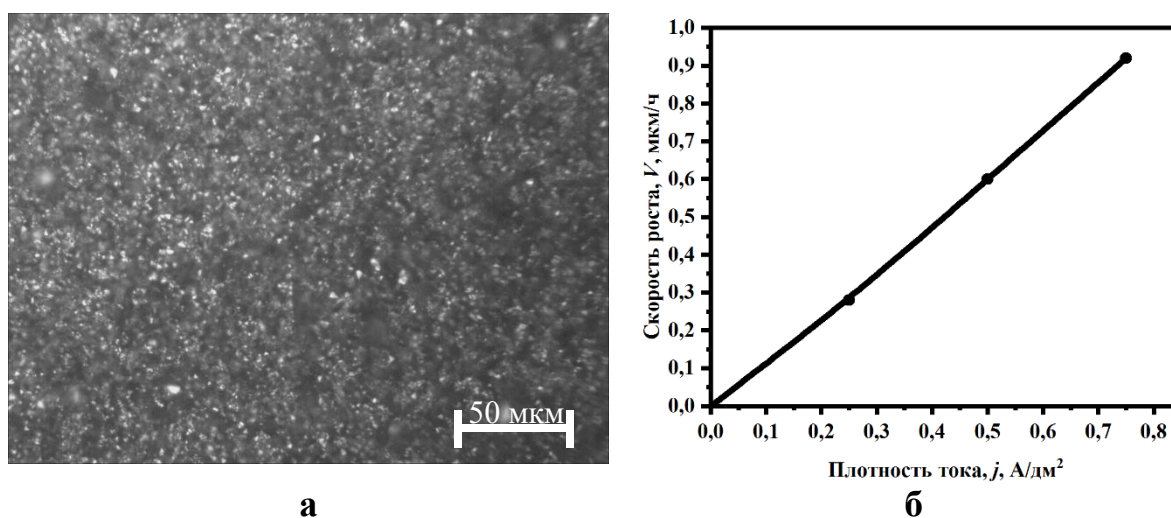


Рисунок 1 – Морфология поверхности (*а*) и зависимость скорости роста от плотности тока (*б*) оловянного покрытия, получаемого при электроосаждении из исходного раствора

При осаждении с $C < 60$ г/л и $j \geq 0,5$ А/дм², а также с $C = 60$ г/л и $j = 0,75$ А/дм² наблюдалось отслаивание свежесосажденных покрытий в конце процесса осаждения. Скорость осаждения для $j = 0,50$ А/дм² была одинакова при 0–40 г/л этилендиамина и составляла 0,60 мкм/ч, затем плавно понижалась и при $C = 118$ г/л падала до нуля (рисунок 2, б).

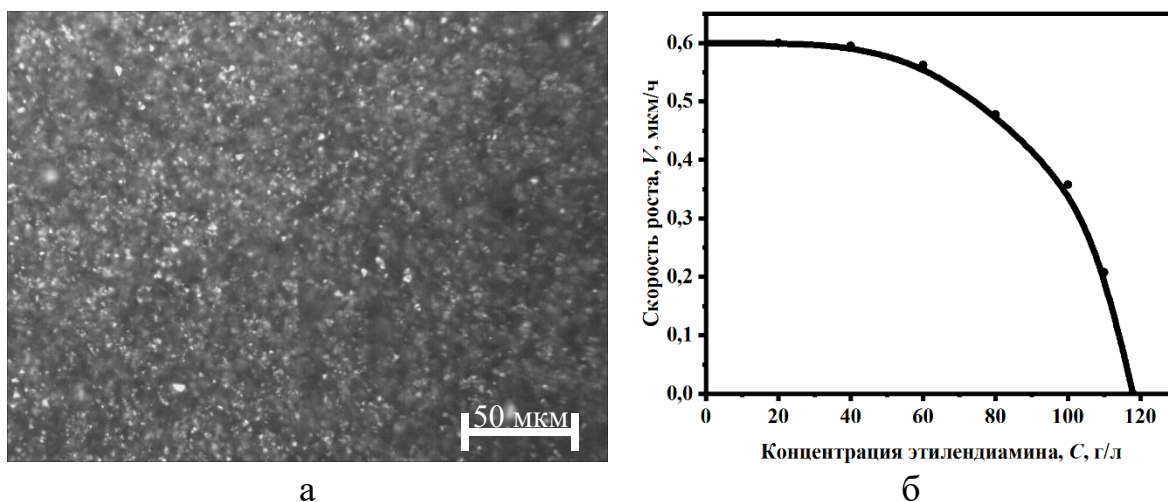


Рисунок 2 – Морфология поверхности (а) и зависимость скорости роста от плотности тока (б) для оловянного покрытия, получаемого при электроосаждении из раствора с добавлением этилендиамина

При использовании в качестве добавки анилина необходимые прочность и равномерность пленок, толщина которых составляет 0,16–0,30 мкм, достигались при концентрации лиганда $C = 60$ г/л и плотностях тока j 0,25 и 0,50 А/дм² (рисунок 3, а: $C = 60$ г/л, $j = 0,50$ А/дм², размеры округлых зерен 1,1–2,0 мкм). В остальных случаях покрытия отслаивались сразу после окончания процесса электроосаждения. С увеличением содержания амина до $C = 100$ г/л скорость осаждения заметно падает (рисунок 3, б). Полученные результаты указывают на ограниченность возможности применения анилина при осаждении олова.

Амины, выступая в качестве лигандов, образуют прочные комплексные соединения с катионами олова, позволяя варьировать концентрацию свободных Sn^{2+} и регулировать скорость роста и толщину покрытий. Также за счет неподеленной электронной пары аминогруппы проявляют свойства донора электронов по отношению к металлу и, являясь главным адсорбционным центром, образуют защитную пленку. Наконец, амины могут блокировать активные центры нуклеации и тормозить линейный рост кристаллов по причине образования $-\text{NH}_3^+$ групп в процессе гидролиза.

Таким образом, добавление в электролит этилендиамина в небольших концентрациях ($C \leq 60$ г/л) при плотностях тока 0,25–0,50 А/дм² позволяет

получать покрытия с округлыми зернами размерами 1,0–2,1 мкм, которые характеризуются высокой адгезией. Содержание анилина 60 г/л при таких же плотностях тока приводит к получению пленок с округлыми частицами 1,1–2,0 мкм. Предложенные два типа добавок позволяют значительно уменьшить время, необходимое для получения сплошных покрытий, а наравне с получением покрытий из первоначального раствора способствуют высокой степени сцепления с основой и целостности пленок.

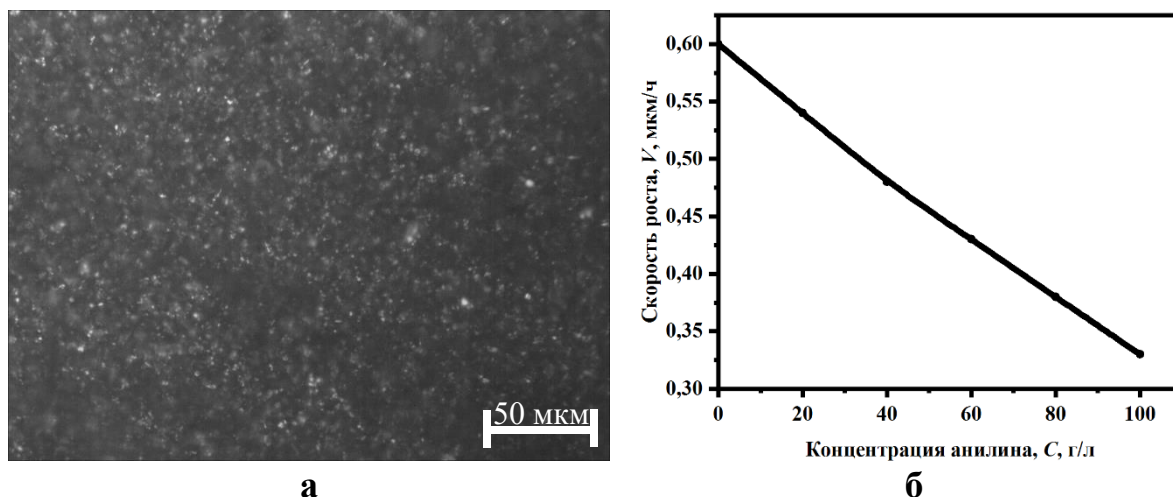


Рисунок 3 – Морфология поверхности (а) и зависимость скорости роста от плотности тока (б) оловянного покрытия, получаемого при электроосаждении из раствора с добавлением анилина

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование процесса электроосаждения и структуры покрытий сплавом олово – никель / В. Зенин, Н. Березина, А. Кочергин, Б. Спиридонов // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 7. – С. 32–34. – URL: https://tech-e.ru/2007_7_32.php (дата обращения: 08.02.2025).
2. Электролит для ровного осаждения олова на большой поверхности для минимального риска образования «усов» / Олаф Куртц, Юрген Бартельмес, Петер Кюлькамп [и др.] ; пер. Андрея Новикова // Технологии в электронной промышленности. – 2010. – № 4. – С. 20–26. – URL: https://tech-e.ru/2010_4_20.php (дата обращения: 08.02.2025).
3. Дмитриева, В. А. Дзамещенные изотиурониевые соли как блескообразователи в электрохимическом никелировании / В. А. Дмитриева, В. А. Грабельных, Н. Г. Сосновская // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2022. – № 1. – С. 21–22. – URL: <https://angtu.editorum.ru/ru/nauka/article/49983/view> (дата обращения: 08.02.2025).

[К содержанию](#)

УДК 634.86:577.13

А. В. ВАСИЛЕВСКАЯ¹, Н. Ю. КОЛБАС^{1, 2}

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

²Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт
НАН Беларуси

САХАРО-КИСЛОТНЫЙ ИНДЕКС СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ Г. БРЕСТА

Виноград, известный своими питательными свойствами и разнообразием сортов, является важным продуктом питания и сырьем для различных отраслей промышленности (фармакологической, косметической и др.). Одним из ключевых показателей, характеризующих качество винограда, является сахаро-кислотный индекс. Данный параметр оказывает значительное влияние на вкусовые характеристики и потребительские свойства винограда, что имеет наибольшее значение для столовых сортов – это сорта винограда, ягоды которых предназначены для употребления в свежем виде.

В качестве объектов исследования были выбраны четыре столовых сорта винограда, которые культивируются на территории г. Бреста: Валерия, Дарья, Рудик и Сенатор Бурдака. Данные сорта относятся к среднеранним сортам, созревающим в конце августа или начале сентября, характеризуются хорошей устойчивостью к основным грибковым заболеваниям (милдью, оидиум), а также устойчивы к морозам, что делает их подходящими к выращиванию в умеренном климате [1]. Сбор плодов осуществлялся при достижении ими фенотипической спелости. В день сбора для отобранных сортов винограда были определены ампелографические показатели, далее ягоды гомогенизировали и получали сок. До заморозки сока (во избежание погрешности результатов) были также определены такие параметры, как титруемая кислотность и общее содержание растворимых сахаров. Титруемую кислотность (далее – ТК) определяли согласно СТБ ГОСТ Р 51434-2006 [2], результаты выражали в граммах винной кислоты на литр сока (г ВК/л). Общее содержание растворимых сахаров (ОСРС) определяли рефрактометрическим методом согласно СТБ ГОСТ Р 51433/ПР [3] с применением рефрактометра (ИРФ-454Б, РФ), результаты выражали в °Брикс с учетом температурных поправок. Сахаро-кислотный индекс для плодов винограда определяли как отношение показателей ОСРС к ТК [4]. Пробоподготовку каждого из сортообразцов проводили в трехкратной повторности. Для

статистического анализа полученных результатов применяли пакет программы Microsoft Office Excel.

Значение сахаро-кислотного индекса находится в прямой зависимости от ОСРС и обратной от ТК. Анализ результатов показал, что значение ТК для исследуемых сортов варьировал от 0,74 до 0,86 г ВК/л (2022 г.) и от 0,7 до 0,882 г ВК/л (2023 г.) (таблица). ОСРС варьирует от 13,2 до 18,8 °Брикс (2022 г.) и от 13,8 до 19,2 °Брикс (2023 г.). Для таких сортов, как Валерия, Рудик и Сенатор Бурдака, в 2023 г. отмечается снижение значения ТК в сравнении с полученными значениями в 2022 г. (в среднем на 5,6 %), а для сорта Дарья показатель ТК увеличивается незначительно (2,5 % по сравнению с показателем 2022 г.). Также для всех исследуемых сортов отмечается естественный рост ОСРС в 2023 г. по сравнению со значениями параметра в 2022 г.: для сорта Валерия показатель увеличился на 4,2 %, сорта Дарья – на 2,13 %, сорта Рудик – на 4,14 % и сорта Сенатор Бурдака – на 4,5 %.

Таблица – Изменение титруемой кислотности (ТК) и общего содержания растворимых сахаров (ОСРС) для исследуемых сортов винограда по годам

Исследуемые сорта	ТК, г ВК/л		ОСРС, °Брикс	
	2022	2023	2022	2023
Валерия	0,74 ± 0,007	0,705 ± 0,0054	16,8 ± 0,165	17,5 ± 0,23
Дарья	0,86 ± 0,006	0,882 ± 0,0067	18,8 ± 0,176	19,2 ± 0,2
Рудик	0,729 ± 0,0056	0,7 ± 0,0074	13,9 ± 0,1	14,5 ± 0,16
Сенатор Бурдака	0,845 ± 0,0034	0,782 ± 0,0087	13,2 ± 0,134	13,8 ± 0,187

Изменения показателя ТК и ОСРС предположительно связаны с ростом среднемесячной температуры в 2023 г. по сравнению с температурными показателями 2022 г.: так, для сентября 2023 г. (для климатического региона г. Бреста это самый важный месяц для накопления сахаров ягодами винограда) отмечается рост среднемесячной температуры на 37,3 % по сравнению с 2022 г.

Положительная динамика в снижении показателей ТК и увеличении ОСРС находит свое отражение в естественном росте значений сахаро-кислотного индекса для исследуемых сортов винограда (рисунок). Для сорта Валерия отмечается рост параметра на 9,3 % в сравнении с показателем 2022 г., для сорта Рудик значение возрастает на 8,56 % и сорта Сенатор Бурдака – на 12,9 %. Для всех перечисленных сортов рост параметра связан с уменьшением значения ТК и возрастанием ОСРС. Для сорта Дарья значения сахаро-кислотного индекса незначительно различаются по годам, что связано с незначительным повышением значения ТК и ОСРС.

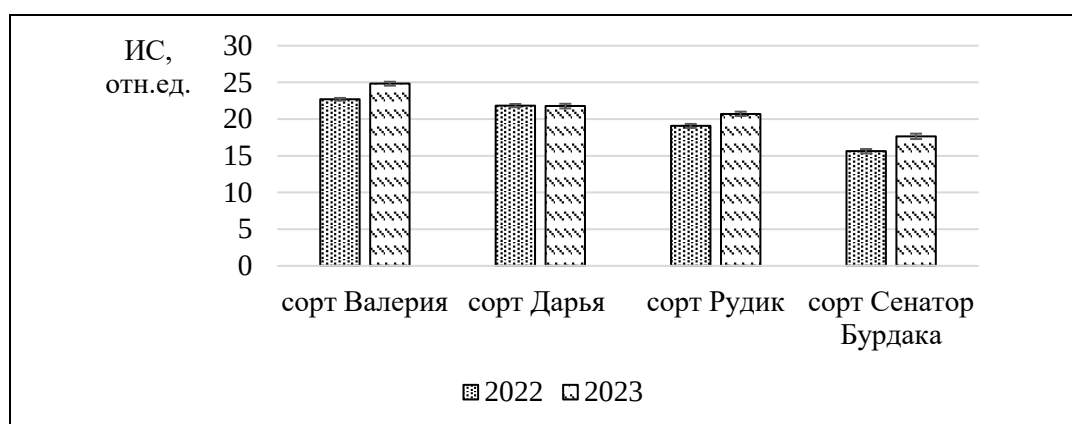


Рисунок – Изменение сахаро-кислотного индекса
исследуемых сортов винограда по годам

Таким образом, результаты работы демонстрируют положительную динамику в росте сахаро-кислотного индекса исследуемых плодов винограда (в среднем на 10,25 %), что свидетельствует о положительных перспективах развития виноградарства в г. Бресте. Для подтверждения данной гипотезы планируется оценить динамику изменения и других биохимических параметров спелости винограда, а также увеличить количество исследуемых сортов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноград. Информация о сортах винограда. – URL: <https://vinograd.info/sorta/sorta-vinograda> (дата обращения: 01.02.2025).
2. Соки фруктовые и овощные. Метод определения титруемой кислотности: СТБ ГОСТ Р 51434-2006. – Введ. 01.06.07. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2007. – 12 с.
3. Соки фруктовые и овощные. Метод определения растворимых сухих веществ рефрактометром : СТБ ГОСТ Р 51433/ПР-2008. – Введ. 01.07.08. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2008. – 12 с.
4. Kader, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships / A. A. Kader // International Symposium on Effect of Preharvest and Postharvest Factors on Storage of Fruit / ed. L. Michalczyk. – Warsaw : International Society for Horticultural Science, 1999. – P. 203–208.

[К содержанию](#)

УДК 547.514.4+547.786.3

Е. А. ВАСИЛЕВСКИЙ¹, И. В. МИНЕЕВА²

¹Беларусь, Минск, БГУ

²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

СИНТЕЗ ВЕРБЕНОНА ИЗ α -ПИНЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ N-ГИДРОКСИФТАЛИМИДА

В Республике Беларусь последние два десятилетия наблюдается массовое усыхание хвойных деревьев, вызванное распространением короедов (подсемейство *Scolytinae*) [1]. Традиционным и чрезвычайно трудоемким способом борьбы с этими жуками является вырубка зараженных деревьев, также иногда применяются инсектициды. Однако скрытый образ жизни насекомых, проводящих основную часть жизни в толще древесины, ограничивает возможности использования химических средств для противодействия им, к тому же такие вещества зачастую являются опасными для человека и окружающей среды.

В качестве альтернативы инсектицидам для борьбы с короедами предложено использовать феромоны. Данные соединения за счет специфического взаимодействия с рецепторами модифицируют поведение жуков, а именно привлекают их или, наоборот, отталкивают. Особенно просты в использовании автономные ловушки, в которых для приманивания короедов используются смеси на основе агрегационных феромонов. Таким образом, феромонные препараты являются эффективной и экологически безопасной альтернативой применению инсектицидов.

С 2000 г. на химическом факультете Белорусского государственного университета ведутся исследования по разработке эффективных и экономически выгодных методов получения феромонов короедов. В их число входят вербенол, ундецилоксиэтанол, ипсенол, ипсдиенол [2]. На основании смесей данных соединений на кафедре органической химии разработаны препараты серии «Ипсвабол» для использования в феромонных ловушках с целью контроля численности короедов на определенной территории, а также отлова основных видов вредителей.

Ключевым компонентом всех препаратов является агрегационный феромон короедов вербенол (рисунок 1). Исходным веществом для синтеза данного соединения является α -пинен, который получают перегонкой скипидара. Далее его окисляют до вербенона, посредством восстановления которого в итоге получают искомый продукт. Наиболее сложной практически реализуемой стадией синтеза является окисление α -пинена в вербенон.

Заметим, что вербенон оказывает комплексное влияние на короедов и может быть охарактеризован как антиагрегационный феромон представителей подсемейства *Scolytinae*. Благодаря выраженному отпугивающему эффекту, на сегодняшний день вербенон принято считать универсальным репеллентом от короедов [3].

Целью данной работы является разработка эффективной методики синтеза вербенона, которая может быть реализована в промышленных масштабах. Вербенон получают посредством взаимодействия α -пинена с различными окислителями, такими как трет-бутилгидропероксид [4], тетрацетат свинца и соединения хрома (VI) [5]. Предложенные методики синтеза в большинстве характеризуются небольшой селективностью и низкими выходами, которые могут быть увеличены лишь при помощи специфических и, как правило, дорогих катализаторов.

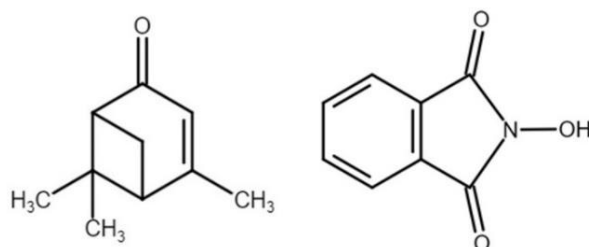


Рисунок 1 – Структуры вербенона и N-гидроксифталимида

Среди них выгодно выделяется N-гидроксифталимид (NHPI) – дешевый и нетоксичный реагент, который применяется в органическом синтезе в качестве эффективного активатора различных окислительных процессов. Данное соединение под действием окислителей за счет отрыва водорода от гидроксильной группы в мягких условиях образует устойчивый N-оксифталимидный радикал (PINO), который катализирует окисление циклических алкенов по аллильному положению с образованием α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Реакция протекает в растворе под действием сильных окислителей, а мягкие условия ее осуществления (20 °С, давление 1 атм.) способствуют селективности процесса окисления.

В качестве окислителей в комплексе с NHPI применяют кислород с катализаторами, а также различные соединения хрома (VI) [6]. При использовании триоксида хрома вербенон удастся получить с заметно различающимися выходами – от 44 до 62 % [7; 8]. Процесс окисления α -пинена хромовой кислотой может быть охарактеризован следующим механизмом (рисунок 2).

Для синтеза вербенона в качестве основы нами была взята методика с заявленным выходом продукта 70 %, который был достигнут за счет продолжительности процесса окисления и неоднократного добавления окислителя [9]. NHPI был получен из фталевого ангидрида, гидрохлорида

гидроксиламина и Et_3N по описанной в литературе методике [9] с выходом 65,9 %.

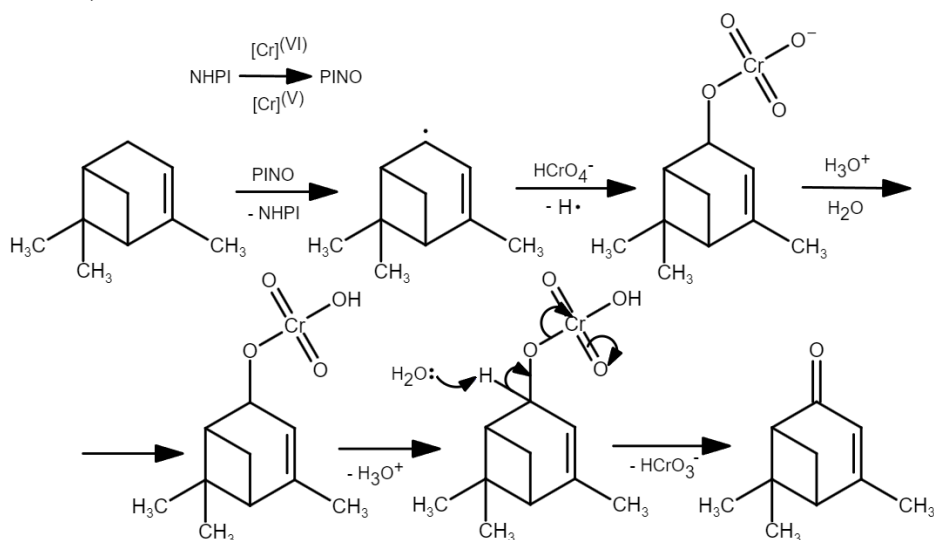


Рисунок 2 – Механизм окисления α -пинена оксидом хрома (VI)

Для синтеза вербенона в 545,0 мл ацетона и 84,5 мл воды при перемешивании было растворено 24,3 г α -пинена (1 eq.) и 14,7 г NHPI (0,5 eq.). После охлаждения на ледяной бане к смеси небольшими порциями было прибавлено 18,0 г CrO_3 (1 eq.). Смесь перемешивалась при комнатной температуре в течение 24 часов, по истечении которых был вновь добавлен CrO_3 в количестве 9,0 г (0,5 eq.). Процедуру повторили спустя 24 часа и продолжали перемешивание еще в течение 24 часов.

Полученную реакционную смесь упарили при пониженном давлении до 1/3 исходного объема, разбавили CH_2Cl_2 и отделили от хромовых солей. Далее раствор обработали 5 %-м водным раствором H_2SO_4 и отделили органический слой. Продукт дважды проэкстрагировали CH_2Cl_2 . Полученный раствор вербенена в CH_2Cl_2 сушили безводным Na_2SO_4 , после чего упарили при пониженном давлении до полного испарения растворителя. Результат представлял собой прозрачную маслянистую субстанцию желто-бурого цвета, из которой при охлаждении выпадали белые кристаллы. Методом ГХ-МС было установлено, что данная субстанция являла собой смесь вербенена и NHPI .

Очистка вербеноната осуществлялась путем преобразования его в водорастворимое бисульфитное производное, гидролизом которого впоследствии был получен чистый продукт. К раствору, состоящему из 78,0 г Na_2SO_3 и 340,0 мл воды, по каплям было добавлено 31,2 мл концентрированной соляной кислоты, после чего туда была перенесена полученная смесь вербеноната и NHPI. Перемешивание продолжали в течение 18 часов.

Полученный водный раствор очистили от осадка декантацией, после чего последовательно трижды экстрагировали CH_2Cl_2 и трижды – гексаном. Далее к водному раствору добавили 27,3 г Na_2CO_3 для гидролиза бисульфитного производного, после чего реакционную смесь перегоняли с водяным паром. Полученную водную эмульсию вербенон насытили NaCl , продукт пять раз экстрагировали CH_2Cl_2 , добавляя в процессе экстракции дополнительные порции NaCl . Объединенные вытяжки сушили над безводным Na_2SO_4 , после чего упарили CH_2Cl_2 при пониженном давлении, в результате чего была получена желто-бурая густая жидкость. Анализ при помощи метода ГХ-МС подтвердил тот факт, что данная субстанция представляет собой вербенон высокой степени чистоты без признаков примеси исходного вещества. Всего было получено 0,8 г вербенон, что составляет менее 3 % от теоретического количества продукта.

Низкий выход вербенон в первую очередь обусловлен стадией очистки, на которой теряется существенная часть продукта. Было обнаружено, что при образовании бисульфитного производного значительная часть вербенон, находясь в связанном с NHPI состоянии, не вступает в реакцию. Полученный после образования бисульфитного производного осадок обработали ацетоном, который затем отделили декантацией и упарили. Раствор перегоняли с водяным паром, после чего полученную водную эмульсию насытили NaCl и трижды экстрагировали CH_2Cl_2 . После упаривания растворителя было получено 1,1 г вербенон, утраченного на стадии очистки. С учетом данного количества суммарный выход вербенон составил 7,0 %.

Вторым обстоятельством, оказывающим существенное влияние на выход вербенон, является его способность образовывать азеотропную смесь с CH_2Cl_2 , в результате чего значительная часть продукта остается в перегнанном растворителе.

Достоинствами данного метода получения вербенон являются:

- относительная простота организации технологического процесса (отсутствие стадий, протекающих в гетерогенных условиях, при высокой температуре);
- возможность регенерации органических растворителей (в технологический процесс удастся вернуть практически весь этанол от синтеза NHPI и CH_2Cl_2 , а также более чем 80 % израсходованного на один цикл синтеза ацетона);
- селективность реакции окисления и высокая чистота получаемого продукта;
- все используемые данной методикой реагенты и растворители, за исключением триоксида хрома, производятся на химических предприятиях Республики Беларусь.

Основными недостатками метода являются:

- использование токсичных и пожароопасных веществ в качестве реагентов и растворителей;
- низкий выход продукта.

Проблемное поле синтеза определяет направление будущих исследований по его модификации. Приоритетной задачей является увеличение выхода продукта реакции, которое может быть реализовано за счет использования иной методики очистки вербенена. Также данный метод получения вербенена может быть усовершенствован посредством замены триоксида хрома на более безопасный, эффективный и экологичный окислитель.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосова, В. Сосновый «диверсант» / В. Колосова // Родная природа. – 2017. – № 9. – С. 2–7.
2. Разработка феромонных композиций усачей рода *Monochamus* и оценка их аттрактивной активности / В. В. Усень, Н. В. Масалов, Д. А. Асташко [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. – Гомель, 2019. – Вып. 79. – С. 294–302.
3. Verbenone – the universal bark beetle repellent? Its origin, effects, and ecological roles / T. Fröhbrodt, M. Schebeck, M. N. Andersson [et al.] // Journal of Pest Science. – 2024. – Vol. 97, nr. 2. – P. 35–71.
4. Catalytic oxidation of α -pinene by transition metal using t-butyl hydroperoxide and hydrogen peroxide / B. A. Allal, L. El Firdoussi, S. Allaoud [et al.] // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2003. – Vol. 200, nr. 1. – P. 177–184.
5. Sivik, M. R. (1R,5R)-(+)-verbenone of high optical purity / M. R. Sivik, K. J. Stanton, L. A. Paquette // Organic Syntheses. – 1995. – Vol. 72. – P. 57–61.
6. An environmentally benign catalytic oxidation of cholesteryl acetate with molecular oxygen by using N-hydroxyphthalimide / Z. Yao, X. Hu, J. Mao, H. Li // Green Chemistry. – 2009. – Vol. 11, nr. 12. – P. 2013–2017.
7. Highly selective, amine-derived cannabinoid receptor 2 probes / M. V. Westphal, R. C. Sarott, E. A. Zirwes [et al.] // Chemistry – A European Journal. – 2020. – Vol. 26. – P. 1–9.
8. Optical Control of Cannabinoid Receptor 2-Mediated Ca^{2+} Release Enabled by Synthesis of Photoswitchable Probes / R. C. Sarott, A. E. G. Viray, P. Pfaff [et al.] // Journal of the American Chemical Society. – 2021. – Vol. 143, nr. 2. – P. 736–743.
9. Planar chiral rhodium complex based on the tetrahydrofluorenyl core for enantioselective catalysis / V. B. Kharitonov, E. Podyacheva, D. Chusov [et al.] // Organic Letters. – 2023. – Vol. 25, nr. 49. – P. 8906–8911.

[К содержанию](#)

УДК 547.854.1+547.717+004.942

Г. А. ГОРДУНОВ^{1, 2}, И. В. МИНЕЕВА^{1, 2}¹Беларусь, Минск, БГУ²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ**СИНТЕЗ НОВЫХ ЦИКЛОПРОПАНСОДЕРЖАЩИХ
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И АНАЛИЗ
ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ БИОАКТИВНОСТИ *IN SILICO***

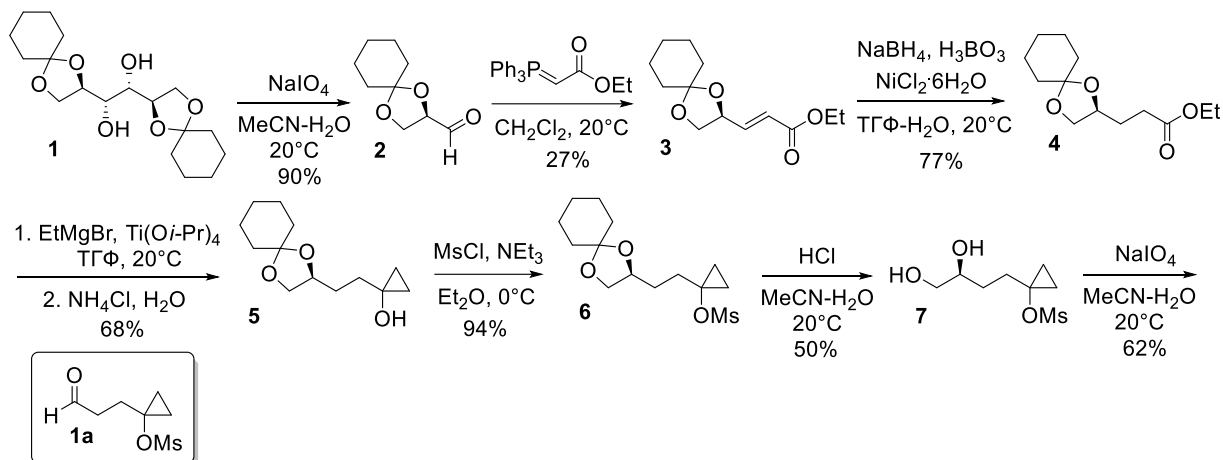
Разработка новых методик получения 3,4-дигидропиримидин-2(1*H*)-онов(тионов) представляет собой большой интерес, т. к. они играют важную роль как основные строительные блоки в синтезе ДНК и РНК [1], а тонкие изменения в их структуре обеспечивают широкий спектр биологических активностей, таких как противогрибковая [2], противораковая [3] и пр. Реакция Биджинелли является классическим подходом к синтезу таких гетероциклических структур, однако разнообразие продуктов при этом страдает от некоторых ограничений, ведь такое количество функционализированных соединений накладывает определенные ограничения на их эффективное синтетическое получение.

В то же время производные циклопропана вызывают повышенный научный интерес, поскольку такие «малые» структурные мотивы повсеместно распространены в природе [4]. Помимо этого, реакционная способность циклопропанов позволяет использовать их в качестве универсальных промежуточных продуктов при синтезе более сложных молекул, а также часто применять в качестве универсальных строительных блоков в органических синтезах [4]. По этой причине создание таких трехатомных циклических фрагментов, которые с высокой аффинностью и селективностью связываются с терапевтически важными биологическими мишенями, является одной из основных задач современной биоорганической и медицинской химии [4].

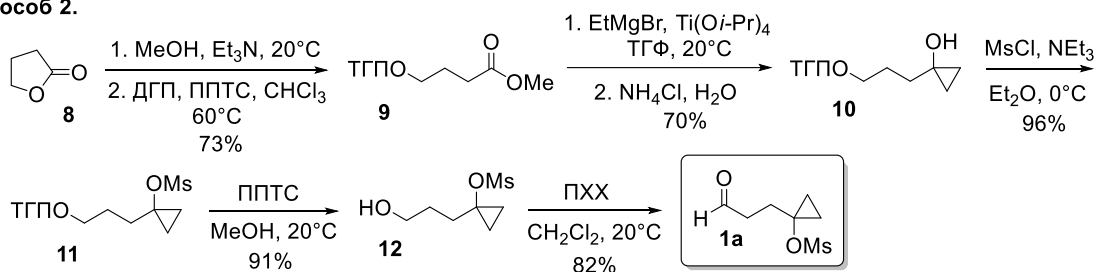
Цель работы нашей исследовательской группы заключалась в синтезе алифатических альдегидов, содержащих циклопропановый фрагмент, и получение на их основе ранее не описанных в литературе дигидропиримидин(тио)онов путем реализации мультикомпонентной реакции Биджинелли в кислотнo-основных условиях с последующим проведением компьютерного моделирования *in silico* для прогнозирования, анализа и дальнейшей оценки их возможной биологической активности.

Нами были получены четыре циклопропансодержащих алифатических альдегида **1a–г**. Синтез соединения **1a** был предложен и в дальнейшем осуществлен двумя разными способами (рисунок 1).

Способ 1.

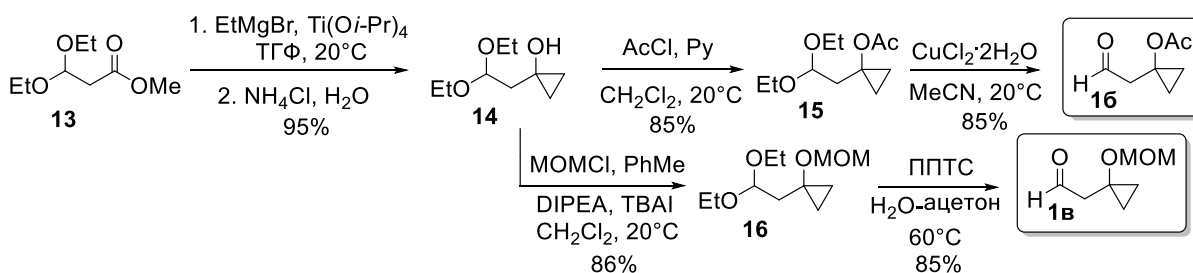


Способ 2.

Рисунок 1 – Две схемы получения альдегида **1a**

Стоит отметить, что в обоих случаях в качестве исходных субстратов выступали коммерчески доступные соединения (производное *D*-маннита **1** и γ -бутиролактон **8**), однако второй способ является более предпочтительным как по причине большего суммарного выхода **1**-(3-оксопропил)-циклопропилметансульфоната **1a** (36 % против 4 %), так и по возможности вариации выбора исходного лактона (δ -валеролактон и т. д.) с получением продукта с более длинной углеводородной цепью.

Другими родственными по структуре алифатическими альдегидами являются **1б** и **1в**, синтез которых представлен на схеме (рисунок 2).

Рисунок 2 – Схемы получения альдегидов **1б** и **1в**

Обе синтетические схемы позволяют получить за 3 стадии из легко доступного в граммовых количествах метил-3,3-диэтоксипропаноата **13** замещенные 2-(1-гидроксициклопропил)ацетальдегиды **16** и **1в** с высоким выходом (~70 %).

Последний альдегид **1г** был получен по схеме (рисунок 3).

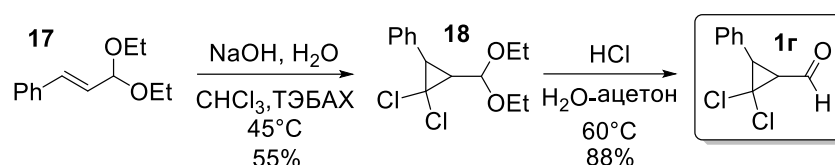


Рисунок 3 – Схема получения альдегида **1г**

Отличительной особенностью получения этого альдегида является то, что в нем циклопропановое кольцо было сформировано в результате присоединения полученного *in situ* дихлоркарбена к кратной связи ацетала коричневого альдегида **17**, что связано с трудностью получения замещенного циклопропан-1-карбальдегида по реакции Кулинковича.

В дальнейшем все полученные альдегиды были вовлечены в мультикомпонентную реакцию Биджинелли с веществами, выбор которых варьировался в зависимости от условий постановки эксперимента.

Общая схема, отражающая получение гетероциклических соединений **2а–ж**, приведена на схеме (рисунок 4).

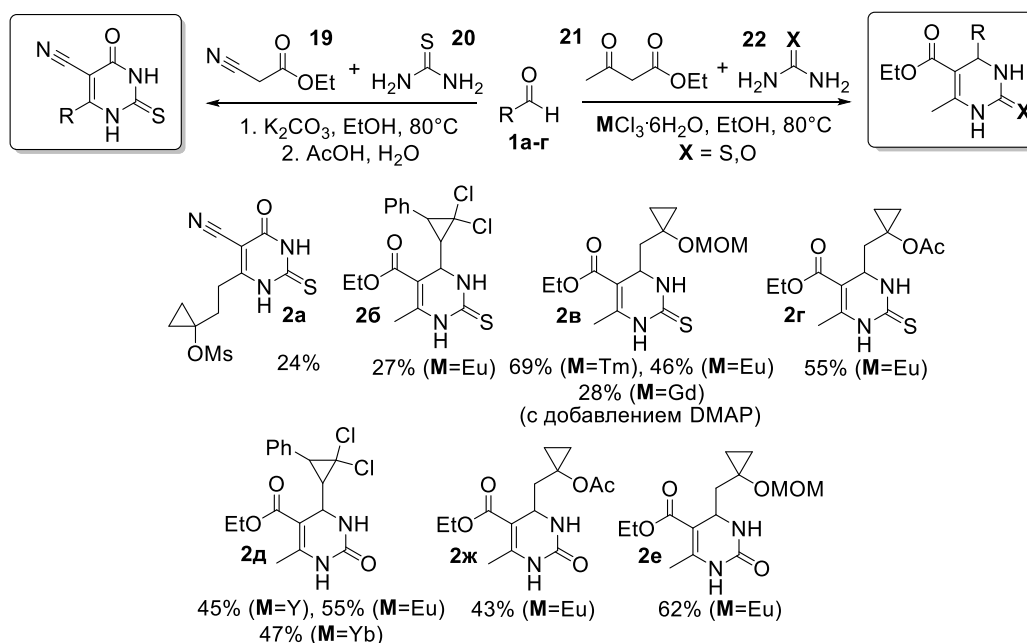


Рисунок 4 – Схемы получения гетероциклических соединений **2а–ж**

В основных условиях был синтезирован тиопиримидион **2a** в результате взаимодействия между собой этилцианоацетата **19**, тиомочевина **20**, альдегида **1a** и K_2CO_3 в эквимольном соотношении в этаноле при кипячении в течение 5 часов. В результате последующей кислотной обработки был получен желаемый продукт **2a**.

Для синтеза гетероциклических соединений **2б–ж** в качестве катализаторов (15 мол. %) были выбраны кислоты Льюиса (гексагидраты хлоридов редкоземельных металлов), а исходными соединениями служили (тио)мочевина **22**, ацетоуксусный эфир **21** и альдегиды **1б–в**. Стоит также отметить, что в случае получения вещества **2в** нами было дополнительно предложено в качестве добавки использовать DMAP (5 мол. %), т. к. ранее было выявлено, что присутствие основания в системе повышает выход продукта. Методика синтеза подразумевала кипячение исходных веществ с соответствующим катализатором в этаноле в течение 8 часов с последующей экстракцией EtOAc и разделением с помощью колоночной хроматографии (смесь EtOAc/петролейный эфир в соотношении 1 : 5).

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

Для дальнейшего исследования биологических свойств синтезированных соединений, благодаря компьютерному моделированию *in silico* 3D структуры соединений **2a–ж** на сервисе PerMM [5], была проведена теоретическая оценка их способности проникать в клетку посредством пассивной диффузии через фосфолипидный бислой мембраны при pH = 7,4 и T = 37 °C (таблица).

Таблица – Значения рассчитанной свободной энергии связывания и коэффициентов проницаемости соединений **2a–ж** для различного типа биомембран (глюкоза и холестерин – контроль)

Исходный субстрат	Свободная энергия связывания с мембраной, ккал/моль	Логарифм коэффициента проницаемости (ЧЛМ)	Логарифм коэффициента проницаемости (ГЭБ)	Логарифм коэффициента проницаемости (Caco-2)
2a	–1,40	–7,18	–5,43	–5,32
2б	–4,90	1,10	–2,51	–3,20
2в	–2,13	–1,66	–3,48	–3,90
2г	–2,85	–0,40	–3,03	–3,58
2д	–4,46	–1,49	–3,42	–3,86
2е	–1,89	–4,52	–4,49	–4,64
2ж	–2,60	–3,00	–3,95	–4,25
Глюкоза	–1,82	–10,44	–6,58	–6,15
Холестерин	–9,69	6,03	–0,77	–1,94

Расчет показал, что логарифмы коэффициентов проницаемости большинства соединений через плазматическую мембрану черной искусственной липидной мембраны (ЧЛМ), гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) и клеточную мембрану аденокарциномы толстой кишки (Caco-2) имеют значение, превышающее $-4,35$ [5], следовательно, данные соединения способны проникать через эти мембраны и участвовать во внутриклеточных взаимодействиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dihydropyrimidinones scaffold as a promising nucleus for synthetic profile and various therapeutic targets: A Review / S. Khasimbi, F. Ali, K. Manda [et al.] // *Current Organic Synthesis*. – 2021. – Vol. 18, nr. 3. – P. 270–293.
2. Biological activity of dihydropyrimidinone (DHPM) derivatives: A systematic review / L. H. S. Matos, F. T. Masson, L. A. Simeoni, M. Homem-de-Mello // *European Journal of Medicinal Chemistry*. – 2018. – Vol. 143. – P. 1779–1789.
3. Recent synthetic and medicinal perspectives of dihydropyrimidinones: A review / R. Kaur, S. Chaudhary, K. Kumar [et al.] // *European Journal of Medicinal Chemistry*. – 2017. – Vol. 132. – P. 108–134.
4. Kumar, A. Brief review on cyclopropane analogs: synthesis and their pharmacological applications / A. Kumar // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. – 2013. – Vol. 5, nr. 1. – P. 467–472.
5. Lomize, A. L. Anisotropic solvent model of the lipid bilayer. 2. Energetics of insertion of small molecules, peptides, and proteins in membranes / A. L. Lomize, I. D. Pogozheva, H. I. Mosberg // *Journal of Chemical Information and Modeling*. – 2011. – Vol. 51, nr. 4. – P. 930–946.

[К содержанию](#)

УДК 551.79:550(476)

Н. Ф. ГРЕЧАНИК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ФОСФОРСОДЕРЖАЩИЕ КАЙНОЗОЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Территория юго-западной части Беларуси в кайнозойское время развивалась в различных физико-географических обстановках. Отложения нижнего – среднего эоцена широко развиты в пределах региона. Они представлены широким спектром пород, среди которых отмечены прослои песков с желваками и галькой фосфоритов. Кроме этого, здесь широко распространены тонкие пласты фосфоритовых песчаников в морской толще верхнего эоцена – нижнего олигоцена. Это последние морские отложения на территории южной части Беларуси. Отложения верхнего олигоцена аккумуляровались на небольших площадях в прибрежно-морских и континентальных условиях – остаточных озерах, болотах, речных долинах и карстовых котловинах. В позднем олигоцене на территории интенсивно проявлялись карстовые процессы, связанные с подземным выщелачиванием карбонатных пород мелового возраста. Это приводило к формированию западин и котловин, в которых накапливались углистые, фосфоритизированные алевроиты, глины с прослоями бурого угля.

В неогене на территории региона происходило накопление отложений в озерных водоемах, речных долинах и на заболоченных пространствах. В толще отложений миоцена, сложенной песками, глинами, находятся пласты бурого угля, содержащие фосфатные минералы. В процессе проявления карста карбонатные породы мелового времени растворялись и выносились, а на их месте формировались разноглубинные западины. Процессу растворения подвергались и фосфорные минералы углистой толщи, но в растворенном виде мигрировали не далеко, осаждались на поверхности карбонатных пород, частично замещая их в виде тонких пленочных выделений минерала штаффелита – $\text{Ca}_5[\text{PO}_4\text{CO}_3\text{OH}]_3\text{F}$.

Отложения четвертичной системы сплошным чехлом покрывают образования неогена и палеогена. Формирование четвертичных отложений связано с деятельностью мощных покровных оледенений и процессов межледниковых эпох. В моренных комплексах территории отмечены отторженцы дочетвертичных (неогеновых, палеогеновых, меловых) пород и кристаллических пород из Фенноскандии. Среди последних часто встречаются породы, содержащие фосфатные минералы, в результате

разрушения которых происходит обогащение рыхлых отложений квартера фосфором.

Фосфор является литофильным, хальколитофильным и биофильным элементом. В природе он известен в виде комплексного кислородного иона $[\text{PO}_4]^{3-}$. Ион P^{5+} образует с кислородом тетраэдрическую анионную группировку $[\text{PO}_4]^{3-}$. Кларк фосфора в земной коре 0,1 %. Соли трехосновной фосфорной кислоты образуют однозамещенные растворимые фосфаты и труднорастворимые двух- и трехзамещенные соли. Наиболее распространены в природе соединения фосфора гипергенного генезиса. В природе известно 240 минералов фосфора, из них 178 гидрофосфатов, 41 фосфат и 10 силикатов. Основные черты его миграции определяют два минерала – фосфорит и вивианит.

Фосфор относится к микроэлементам. Его усредненный весовой кларк в четвертичных отложениях Беларуси составляет 525,7 г/т. Кларк фосфора в моренных отложениях припятского горизонта составляет 439 г/т, березинского горизонта – 300 г/т. Повышенное содержание Р в моренных отложениях припятского горизонта объясняется наличием валунного материала из скандинавского центра оледенения. Кларк Р в водно-ледниковых толщах составляет 515 г/т, а в березинской толще он достигает 300 г/т. В озерно-ледниковых отложениях кларк Р составляет 1754 г/т, а в аллювиальных 584 г/т. В озерных отложениях кларк Р составляет 1008 г/т, а в болотных – 875 г/т. Площадное содержание Р по сравнению с кларковыми содержаниями в отдельных генетических типах четвертичных отложений превышает в 2,25 раза и составляет от 1100 до 1200 г/т [1].

На территории региона в палеогеновых отложениях наиболее обычны следующие типы фосфоритов: морские желваковые, галечные и пластовые платформенного типа; переотложенные фосфоритовые галечники и конгломераты – продукт размыва и переотложения ранее существовавших залежей (из меловых) отложений; остаточные – скопления нерастворенного остатка от выщелачивания фосфоритизированных карбонатных пород – и инфильтрационные – образующиеся в результате выноса пентаоксида фосфора поверхностными водами при выветривании фосфоритизированных пород и отложения его в нижележащих слоях. По условиям залегания выделяются жевлаковые (конкреционные), галечные и маломощные пластовые песчанистые фосфориты.

Фосфориты территории региона – сероватые, желтые, бурые и почти черные, большей частью почковидные, конкреционные, реже трубчатой формы породы, состоящие из волокнистого или аутигенного плотного апатита с различными примесями. Часто содержат остатки костей, зубов, раковин или следы других окаменелостей. Цементом в этих породах является фосфатное вещество, представленное минералами группы

фосфатов кальция, реже фосфатов алюминия, магния и марганца в виде оолитов и оолитоидов. Фосфатные оолитоиды – это фосфоритизированные мелкие копролиты – сцементированный окаменелый помет морских животных зеленовато-серой окраски. Химический состав фосфоритов изменяется в зависимости от примесей. В зависимости от условий образования минералы, входящие в состав фосфоритов, могут быть подразделены на три группы: обломочные (терригенные), отвечающие составу осадка, в котором образовались, – это преимущественно кварц, глинистые минералы, полевые шпаты и другие силикаты, мелкие обломки пород; аутигенные, связанные с обстановками, в которых происходило образование фосфата, – глауконит, пирит, марказит, минералы кремнезема и карбонаты; минералы, связанные с процессами последующих превращений фосфоритов, уже сформированных в породе и подвергнутых более поздним изменениям в процессах гипргенеза (бурые окислы железа, окислы марганца, гипс и алюмофосфаты).

На южном борту Подляско-Брестской впадины в киевское время существовало мелководное море со сносом материала из Луковско-Ратновского горста и Полесской седловины, где на глубинах 13–45 м распространены базальты Волынской траптовой формации – основной первичный источник фосфора. Другим источником P_2O_5 в морской воде является разложение планктонных организмов. Этот процесс пополняет запас фосфора в морской воде, что в конечном итоге приводит к осаждению его химическим путем. Осаждение фосфатных минералов происходит в осадке на раннем диагенезе из иловых растворов, где концентрация P_2O_5 в 4–5 раз выше, чем в морской воде. Высокое парциальное давление CO_2 препятствует осаждению фосфатов. При подъеме вод на шельф парциальное давление уменьшается и происходит осаждение сначала карбонатов, а затем и фосфатов. Фосфоритовая минерализация приурочена к глинисто-алевритово-песчаным фациям мелкого шельфа. Фосфоритовая толща простирается в субширотном направлении от Дрогичина на востоке до государственной границы на западе. В западной части этой полосы в 10 км к юго-востоку от железнодорожной станции Дубица Брестского района находится месторождение Приграничное. По данным буровых скважин оконтуренная фосфоритоносная толща включает два пласта жевлаковых фосфоритовых пород. На этой площади залегает 19,2 млн т фосфатных пород, содержащих 1,24 млн т фосфатного ангидрида. Среднее содержание P_2O_5 составляет 6,43 %. [2]. Жевлаковые и галечные фосфоритоносные породы месторождения генетически приурочены к платформенным отложениям, и по составу они подразделяются на кварцево-песчаные, кварц-алевритовые и глауконитово-песчаные. В шлифах видно, что образовались они в результате местной цементации кварцево-песчаных

и глауконитовых обломков фосфатным веществом. Это вещество чаще всего представлено минералом курситом или подолитом ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4\text{CO}_3)_3\text{OH}$). Наличие этих фосфорсодержащих минералов диагностируется при помощи 10 %-й азотной кислоты и порошка молибденовокислого аммония $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4)$. На испытуемый образец наносится 4–5 крупинок белого порошка молибденовокислого аммония и затем 3–4 капли азотной кислоты. При наличии в испытуемой породе 1,5 % и более P_2O_5 через 1–2 минуты появляется ярко-желтый осадок фосфорно-молибденового аммония $((\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3)$.

На территории Малоритского района в окрестности д. Орехово в карьере по разработке мела в разрезе палеогеновых отложений вскрыты слои с включением галечных фосфоритов. В материале отобранной пробы массой 50 кг выделено 126 разноразмерных галек общей массой около 8 кг. Такие же гальки и малочисленные желваковые стяжения фосфорита обнаружены в толще четвертичных отложений в карьере по разработке песчано-гравийной смеси на Збуражской гряде возле одноименной деревни.

Аномалии фосфора в четвертичных отложениях региона приурочены к торфяным массивам, береговым обрывам рек и заторфованным участкам пойм Ясельды, Щары, Западного Буга, Мухавца, Лесной, Рыты, Копаявки, Пульвы, Дахловки, Осиповки, Середовой Речки и др. Фосфорные аномалии представлены торфовививианитами. Вивианиты (торфовививианиты) – это фосфорнокислая закисная соль железа $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Они находятся в толще торфа на низинных участках болот и заболоченных пойменных территориях в виде небольших гнезд, линз и тонких прослоев белого, светло-серого цвета. В обрывистых береговых обнажениях окисленный вивианит контрастно выделяется ярким синим цветом. Газовые формы соединений фосфора (PH_3 – фосфин) проявляются в биогеохимическом круговороте на болотных ландшафтах и тафальных (кладбищенских) ландшафтах характеризуемой территории. В почвах региона установлено наличие трех групп фосфатных минералов: фосфаты кальция и магния, фосфаты полуторных окислов и комплексные фосфаты, а также остатки фосфорсодержащих инсектицидов, применяемых для уничтожения вредителей сельскохозяйственных растений. В подзолистых почвах чаще встречаются фосфаты алюминия, а в заболоченных – фосфаты железа. В этих группах представлены формы, характеризующиеся различной растворимостью. Растворимость фосфатов варьирует в зависимости от условий среды, форм соединений и степени окристаллизованности фосфатов, температуры, биогенности среды, наличия углекислоты. Многократное воздействие воды растворяет до 9 % P_2O_5 . Присутствие слабых органических кислот, а тем более серной кислоты повышает растворимость до десятков и сотен миллиграммов в литре. Образование

фосфата железа (вивианита) – сложный процесс. Для этого обязательно необходимо, чтобы кислорода и угольной кислоты было недостаточно для полного осаждения железа. Такие условия наблюдаются в низинных болотах и поймах рек. Среди болотных фосфатов региона выделены четыре минеральные разновидности, отличающиеся друг от друга внешними особенностями, внутренним строением и химическим составом. Чаще всего новообразования фосфора представлены скоплениями водного фосфата железа – вивианита в виде почковидной, гнездовой, землистой массы, реже в виде радиально-лучистых агрегатов. Минерал окрашен в светлые тона, иногда он бесцветный. Твердость 1,5–2. Удельный вес 2,95. Образуется в экзогенных условиях в восстановительной среде. Минерал смешан или перемежается с торфом и с осадками окислов железа или болотного мергеля.

Вторая разновидность образуется при доступе кислорода из воздуха. Прозрачные или беловатые мелкие порошковидные агрегаты вивианита быстро синеют, превращаясь в альфа-керченит ($(\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_6^{3+}(\text{OH})_6(\text{PO}_4)_6 \cdot 18\text{H}_2\text{O})$). Он является относительно устойчивым минералом в окислительных условиях и образует ряд соединений, отличающихся друг от друга степенью окисления. При полном окислении железа происходит разрушение керченита и превращение его в пицит – основной фосфат окисла железа $4\text{FePO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Это третья разновидность фосфата.

Четвертой разновидностью болотных фосфатов железа региона является бераунит – минерал, состоящий из фосфорнокислой окиси железа. Его химическая формула – $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$. Этот минерал представляет собой серо-желтую землистую массу на внешней поверхности ярко-синего керченита после длительного нахождения последнего в окислительных условиях. В берауните повышенное содержание P_2O_5 (до 32 %) по сравнению с исходным керченитом, что делает его более устойчивым в условиях внешней среды. Тонкие пленки этого минерала отмечены в береговых обрывах р. Мухавец, Лесной, Ясельды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А. В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 191 с.
2. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / редкол.: П. З. Хомич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.

[К содержанию](#)

УДК 537.311.33+620.17:669.76

А. В. ДЕМИДЧИК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ И ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ДЛЯ ФОЛЬГ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, ЛЕГИРОВАННОГО ГЕРМАНИЕМ

Так как сплавы висмут-сурьма находят применение в качестве термоэлектрических материалов, то представляет интерес исследовать их электрические свойства. Свойства моно- и поликристаллических образцов изучены в достаточной мере, в то время как экспериментальных данных по материалам, полученным в сильно неравновесных условиях, мало.

Известно, что в исследуемом сплаве концентрации электронов и дырок совпадают, а подвижность электронов μ превышает подвижность дырок ν [1; 2]. Для определения указанных параметров носителей заряда использовалась двухзонная изотропная модель, согласно которой удельное сопротивление, магнетосопротивление и коэффициент Холла могут быть выражены следующим образом: $\rho = \frac{1}{ne(\mu + \nu)}$, $\beta = B^2 \mu \nu$, $R = \frac{1}{ne} \cdot \frac{\nu - \mu}{\nu + \mu}$.

Из указанных формул можно выразить параметры носителей тока:

$$n = \frac{1}{e} \cdot \left\{ \left(\frac{R}{\rho} \right)^2 + \frac{4\beta}{B^2} \right\}^{-\frac{1}{2}}, \quad \mu = \frac{1}{2} \left[-\frac{R}{\rho} + \left\{ \left(\frac{R}{\rho} \right)^2 + \frac{4\beta}{B^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \right], \quad \nu = \frac{1}{2} \left[\frac{R}{\rho} + \left\{ \left(\frac{R}{\rho} \right)^2 + \frac{4\beta}{B^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \right].$$

Расчеты носителей заряда позволят, в частности, сделать вывод о различных механизмах рассеяния при низких температурах и температурах, близких к комнатной, а также объяснить знак коэффициента Холла и дифференциальной термо-ЭДС для исследуемого сплава.

Экспериментальные температурные зависимости удельного сопротивления, магнетосопротивления и коэффициента Холла представлены на рисунках 1–3. Удельное сопротивление фольг тройного сплава несколько больше значения для бинарного сплава и монотонно уменьшается во всем исследуемом температурном интервале [3]. Магнетосопротивление тройных сплавов на порядок меньше, чем у бинарных сплавов, и практически не изменяется во всем температурном интервале, в то время как для бинарных сплавов оно монотонно уменьшалось [4]. Коэффициент Холла положителен в области низких температур, принимает отрицательные значения, начиная с температуры более 100 К (для бинарных сплавов он отрицателен и при низких, и при высоких температурах) [4].

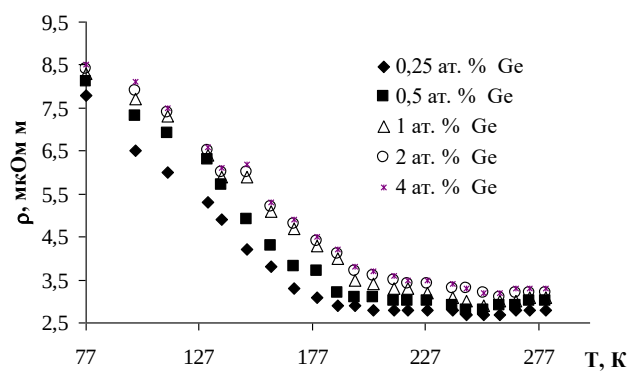


Рисунок 1 – Температурная зависимость удельного электросопротивления сплава на основе $\text{Bi}_{0.89}\text{Sb}_{0.11}$, легированного Ge

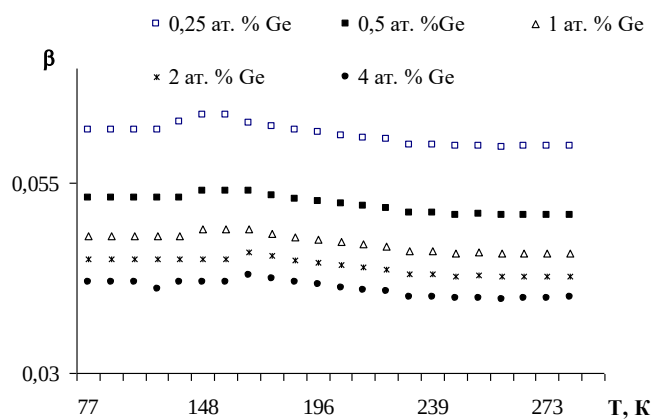


Рисунок 2 – Температурная зависимость магнетосопротивления сплава на основе $\text{Bi}_{0.89}\text{Sb}_{0.11}$, легированного Ge

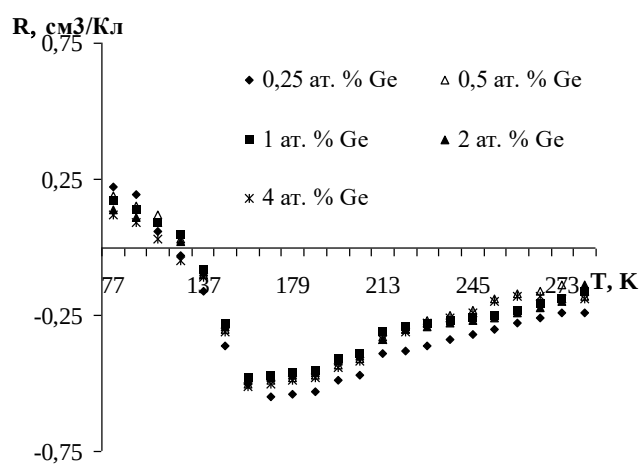


Рисунок 3 – Температурная зависимость коэффициента Холла сплава на основе $\text{Bi}_{0.89}\text{Sb}_{0.11}$, легированного Ge

Таблица – Расчетные значения концентрации и подвижности носителей заряда бинарных и тройных сплавов на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$

Состав, ат. % Ge	Температура, К	Концентрация, 10^{23} м^{-3}	Подвижность электронов, $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	Подвижность дырок, $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
0,00	77 К	1,04	6,73	2,93
	280 К	11,08	1,51	0,91
0,25	77 К	4,05	1,22	1,26
	280 К	10,99	1,28	1,17
0,50	77 К	3,35	1,14	1,16
	280 К	9,24	1,15	1,10
1,00	77 К	3,44	1,09	1,11
	280 К	9,42	1,10	1,04
2,00	77 К	3,51	1,05	1,07
	280 К	9,44	1,06	1,01
4,00	77 К	3,59	1,02	1,03
	280 К	9,47	1,03	0,97

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гицу, Д. В. Явления переноса в висмуте и его сплавах / Д. В. Гицу, Т. М. Голбан, В. Г. Канцер, Ф. М. Мунтяну. – Кишинев : Штиинца, 1983. – 238 с.
2. Левицкий, Ю. Т. Высокотемпературные исследования электрических и гальваномагнитных свойств сплавов висмут-сурьма / Ю. Т. Левицкий, Г. А. Иванов // Физика металлов и металловедение. – 1969. – Т. 28, № 5. – С. 804–812.
3. Демидчик, А. В. Температурная зависимость удельного сопротивления фольг сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного Ge и Sn / А. В. Демидчик // Актуальные вопросы общей и теоретической физики, физики конденсированных сред и астрофизики : сб. материалов регион. науч.-практ. семинара, посвящ. 70-летию со дня рождения А. Ф. Ревинского, Брест, 12–13 апр. 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. В. Демидчика. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 26–27.
4. Демидчик, А. В. Электрические свойства фольг сплава $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, полученных спиннингованием / А. В. Демидчик // Математические и физические методы исследований: научный и методический аспекты : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф., Брест, 22–23 апр. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Н. Н. Сендера. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 26–27.

[К содержанию](#)

УДК 547.71+004.942

А. Я. ДОГЕЛЬ¹, И. В. МИНЕЕВА^{1, 2}

¹Беларусь, Минск, БГУ

²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

СИНТЕЗ НОВЫХ 3-ГИДРОКСИ-2-ОКСИИНДОЛОВ И *IN SILICO* ПРОГНОЗ ИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ И ПОБОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ

3-гидрокси-2-оксиндольный структурный фрагмент обуславливает полезные биологические свойства ряда природных и синтетических соединений, такие как антипролиферативные, анти-ВИЧ, антибактериальные свойства [1]. Введение других фармакофорных фрагментов в 3-гидрокси-2-оксиндолсодержащие соединения приведет к появлению новых биосвойств или изменению существующих. Например, в литературе сообщается о том, что введение циклопропильного фрагмента может обуславливать повышение активности, снижение побочных эффектов, увеличение метаболической стабильности разрабатываемых лекарственных соединений [2].

Целью работы является синтез новых 3-гидрокси-2-оксиндолов, содержащих циклопропановые и другие фармакофорные фрагменты, и прогноз *in silico* биологических свойств полученных соединений.

Рассматриваемые соединения были получены в результате взаимодействия эквимольных количеств изатина или его производного с соответствующим кетоном в изопропиловом спирте и в присутствии диэтиламина в качестве катализатора. Структуры всех полученных соединений были доказаны методами ¹H и ¹³C ЯМР. Схемы синтеза и выходы продукта представлены на рисунке.

In silico прогноз биологических свойств соединений был осуществлен с помощью модуля PassOnline. В таблице 1 представлен прогноз возможного взаимодействия с протеинами как прямыми мишенями соединений 1–16.

Согласно полученным данным, вероятной мишенью соединений 1, 7, 10, 15 является киназа митоген-активируемой протеинкиназы двойной специфичности 7 (MAP2K7 или MKK7). MKK7 участвует в активируемых стрессом процессах, опосредованных сигналом c-Jun N-terminal kinase (JNK), играя решающую роль в различных физиологических процессах, таких как пролиферация и дифференциация в различных тканях и органах. MKK7 способствует возникновению метастазов преимущественно в специфических видах рака, таких как рак легкого с определенными

генетическими полиморфизмами, или в воспалительной среде, которая поддерживает миграцию и инвазию клеток. МКК7 способствует апоптозу, прежде всего в ответ на клеточный стресс, и в ряде случаев является частью механизмов подавления роста опухоли, которые направлены на уничтожение потенциально опасных клеток. Таким образом, МКК7 является перспективной мишенью для разработки лекарственных препаратов [3].

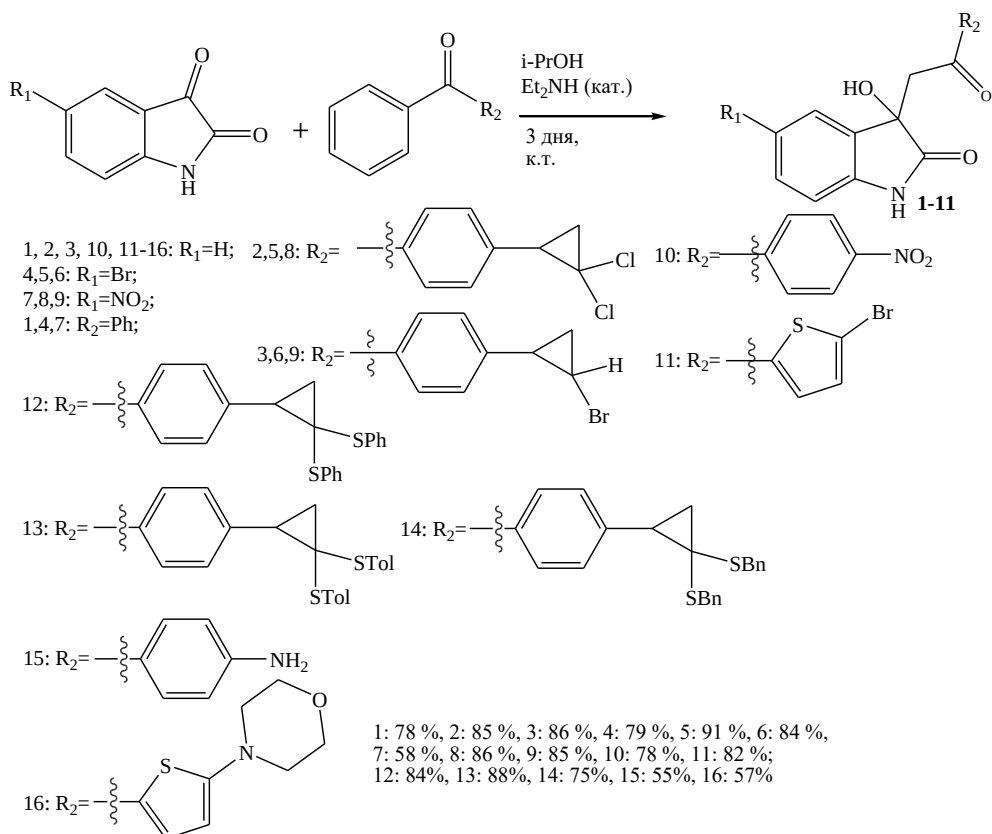


Рисунок – Схема синтеза
и выходы 3-замещенных-3-гидрокси-2-оксиндолов 1–16

Субъединица протеасомы является мишенью всех рассматриваемых соединений, кроме соединения 16. Протеасома – это крупный белковый комплекс в эукариотических клетках, который отвечает за расщепление ненужных, поврежденных или неправильно сформированных белков. Дисфункция протеасом связана с некоторыми видами рака и нейродегенеративными заболеваниями, такими как болезни Альцгеймера, Паркинсона, Хантингтона. Ингибирование протеасом является потенциальной стратегией для лечения раковых заболеваний, в то время как активация протеасом может найти применение в лечении нейродегенеративных заболеваний [4].

Таблица 1 – Результаты *in silico* прогноза прямых белковых мишеней для исследуемых соединений 1–16

S ^a	Прямые мишени		S ^a	Прямые мишени	
	Тип протеина	P _a ^б		Тип протеина	P _a ^б
1	MKK7	0,7222	9	CYP2J2	0,6679
	СП	0,6468		VEGFR-3	0,5479
	OXSR1	0,6028		СП	0,4961
	CYP2J2	0,5750		PDGFRA	0,4865
	CaM киназа IV	0,5513			
2	CYP2J2	0,5847	10	CYP2J2	0,6713
	СП ^в	0,5845		СП	0,5866
				ERK1	0,5644
				PAK2	0,5251
				MKK7	0,4715
3	VEGFR-3	0,5944	11	СП	0,5689
	CYP2J2	0,5777		OXSR1	0,3741
	СП	0,5717		MAPK13	0,3129
	PDGFRA	0,5270		CYP2J2	0,2879
4	Nek11	0,6009	12	СП	0,5602
	СП	0,5941		CYP2J2	0,5301
	CYP2J2	0,5376		STK38L	0,4625
5	CYP2J2	0,5569	13	CYP2J2	0,5187
	СП	0,5218		СП	0,5181
	Nek11	0,4649		STK38L	0,4627
6	VEGFR-3	0,6486	14	СП	0,5484
	CYP2J2	0,5417		CYP2J2	0,5084
	СП	0,5196			
	PDGFRA	0,5127			
7	CYP2J2	0,6800	15	MKK7	0,6552
	СП	0,5848		СП	0,6153
	ERK1	0,5769		CaM киназа IV	0,5590
	PAK2	0,5464		Nek11	0,5497
	MKK7	0,4666		CYP2J2	0,4758
8	CYP2J2	0,6732	16	PIP5K1g	0,7314
	СП	0,5114		Nek9	0,6485
	PAK2	0,4374		CYP2J2	0,1293

Примечание – ^a – исследуемое соединение, ^б – P_a – вероятность быть активным, ^в – СП – субъединица протеасомы.

Все исследуемые соединения с разной вероятностью способны к взаимодействию с цитохромом P450 2J2 (CYP2J2), причем наибольшая вероятность быть активными выявлена для соединений, содержащих нитрогруппу (7, 8, 9, 10), а наименьшая – для тиофенсодержащих соединений (11, 16). Цитохром P450 2J2, будучи перспективной мишенью

для разработки лекарственных соединений, участвует в метаболизме лекарств, эндогенных соединений, а также играет важнейшую роль в превращении арахидоновой кислоты в эпоксидэйкозатриеновую кислоту. CYP2J2 сверхэкспрессируется при различных видах рака [5].

Для соединений, содержащих бромциклопропановый фрагмент (3, 6, 9) были определены большие значения вероятностей быть активными по отношению к рецептору фактора роста васкулярного эндотелия 3 (VEGFR-3) и к рецептору фактора роста тромбоцитов α (PDGFRA). VEGFR-3 – рецептор, играющий важнейшую роль в лимфангиогенезе, сверхэкспрессия которого наблюдается при различных видах рака. Лимфангиогенез в опухоли способствует ее росту и передвижению раковых клеток. Таким образом, низкомолекулярные регуляторы VEGFR-3 могут быть эффективны в онкотерапии [6]. PDGFRA – тирозинкиназный рецептор, который играет важную роль в пролиферации, росте и дифференциации клеток. Также он важен для роста опухолей и является потенциальной терапевтической мишенью [7].

С помощью модуля AdverPRED был осуществлен прогноз побочного действия синтезированных соединений на сердечно-сосудистую и гепатобилиарную систему. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты *in silico* прогноза побочного действия исследуемых соединений 1–16

Соединение	Вероятность быть активным	Вероятность быть неактивным
Гепатотоксичность		
14, 13, 12	0,350; 0,398; 0,440	0,300; 0,260; 0,230
1, 2	0,571; 0,583	0,159; 0,153
3, 15	0,637; 0,650	0,126; 0,120
4, 11	0,694; 0,682	0,103; 0,107
5–10	0,711–0,773	0,070–0,099
Аритмия		
12, 13, 15	0,393; 0,367; 0,370	0,191; 0,212; 0,215
1, 2, 3, 14	0,403; 0,413; 0,416; 0,442	0,182; 0,175; 0,173; 0,154
4, 5, 6	0,511; 0,514; 0,509	0,101; 0,098; 0,102
Сердечная недостаточность		
11	0,278	0,195
2, 3	0,298; 0,305	0,176; 0,167
5, 6, 15	0,312	0,160; 0,160; 0,159
12, 13, 16	0,497; 0,499; 0,438	0,057; 0,056; 0,087
Инфаркт миокарда		
7, 8, 9, 10	0,315; 0,317; 0,294; 0,320	0,170; 0,166; 0,214; 0,163
12, 13, 14	0,400; 0,399; 0,360	0,070; 0,071; 0,101

Соединения 1–14 потенциально обладают гепатотоксичностью. Следует отметить, что введение серосодержащих заместителей в циклопропильный заместитель способствует снижению гепатотоксичности. Соединения, содержащие атомы брома в 5-положении индольного бицикла, характеризуются наибольшей вероятностью возникновения аритмии в качестве побочного эффекта. Нитрогруппа в 5-положении индольного бицикла и в орто-положении 3-фенацильного заместителя, а также серосодержащие заместители у циклопропильного фрагмента могут провоцировать инфаркт миокарда в качестве побочного эффекта.

Таким образом, проведенные *in silico* прогнозы позволяют определить направления последующих *in vitro* исследований соединений и выявить корреляции «структура – свойство» для дальнейшей модификации структуры соединений с целью улучшения терапевтических свойств и снижения токсичности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peddibhotla, S. 3-Substituted-3-hydroxy-2-oxindole, an Emerging New Scaffold for Drug Discovery with Potential Anti-Cancer and other Biological Activities / S. Peddibhotla // Current Bioactive Compounds. – 2009. – Vol. 5, nr. 1. – P. 20–38.
2. Talele, T. T. The “Cyclopropyl Fragment” is a Versatile Player that Frequently Appears in Preclinical/Clinical Drug Molecules / T. T. Talele // Journal of Medicinal Chemistry. – 2016. – Vol. 59, nr. 19. – P. 8712–8756.
3. Mitogen-activated protein kinase kinase 7 in inflammatory, cancer, and neurological diseases / A. D. Caliz, A. Vertii, V. Fisch [et al.] // Frontiers in Cell and Developmental Biology. – 2022. – Vol. 10. – Nr. 979673.
4. Dahlmann, B. Role of proteasomes in disease / B. Dahlmann // BMC Biochemistry. – 2007. – Vol. 8 (Suppl 1). – S3.
5. Cytochrome P450 2J2: distribution, function, regulation, genetic polymorphisms and clinical significance / Meijuan Xu, Wenzheng Ju, Haiping Hao [et al.] // Drug Metabolism Reviews. – 2013. – Vol. 45, nr. 3. – P. 311–352.
6. The role of the VEGF-C/VEGFR-3 axis in cancer progression / J. L. Su, C. J. Yen, P. S. Chen [et al.] // British Journal of Cancer. – 2007. – Vol. 96. – P. 541–545.
7. Roskoski, R. The role of small molecule platelet-derived growth factor receptor (PDGFR) inhibitors in the treatment of neoplastic disorders / R. Roskoski // Pharmacological Research. – 2018. – Vol. 129. – P. 65–83.

[К содержанию](#)

УДК 631.45:631.95

А. С. ДОМАСЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ДВУХ БИОПРЕПАРАТОВ В КАЧЕСТВЕ ПОЧВЕННЫХ ДОБАВОК НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СВИНЦОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Свинец (Pb) привлек значительное внимание научных исследований во всем мире благодаря своей высокой токсичности, стойкости и доступности [1]. Высокие уровни свинца в сельскохозяйственных почвах угрожают экосистемам и здоровью живых организмов. Вследствие этого поиск путей восстановления загрязненных почв является важным направлением научных исследований. Рекультивация загрязненных участков обычно включает физическое удаление загрязняющих веществ, что является не только дорогостоящим и неспецифическим процессом, но и часто делает почву непригодной для сельского хозяйства. Таким образом, появилась необходимость использования более экологичных способов снижения токсичности почв, таких как фитостабилизация, фиторемедиация и фитофильтрация для очистки загрязненных участков [2]. Было определено, что как живая, так и мертвая бактериальная [3] и грибная [4; 5] биомасса обладает значительными способностями к поглощению Pb, в связи с чем нами сделана попытка использования биопрепаратов для снижения токсичности почвы, обусловленной присутствием Pb²⁺.

В качестве почвенных добавок использовали дрожжевой препарат «Ростмомент» и субстрат для почв на основе цеолита, обогащенного композицией грибов рода *Trichoderma sp.*, «Profit триходерма». Препараты готовили согласно прилагаемой к ним инструкции в варианте для полива растений. Содержание действующего вещества в приготовленных препаратах принимали за рекомендуемую дозу (1,0). Также использовали сниженную и повышенную дозу препаратов от рекомендуемой (0,5 и 1,5).

Для оценки эффективности почвенных добавок в качестве протекторов при свинцовом загрязнении использовалась почва, относящаяся к агрозему культурному, загрязненная свинцовой золой (5 % по массе). В качестве тест-культуры использовали кресс-салат (*Lepidium sativum L.*).

Навеску загрязненной почвы (100 г) помещали в пластиковые емкости (кюветы) размером 22 × 15 × 5 см. К навеске приливали соответствующий раствор или отстоявшуюся водопроводную воду для формирования равной увлажненности образцов. На поверхность почвенной пластинки помещали слой фильтровальной бумаги и равномерно распределяли семена тест-

культуры в количестве 50 шт. По истечении трех суток определяли энергию прорастания (далее – ЭП) семян, через пять суток определяли всхожесть (далее – ВС). На 5-е сутки у проростков определяли среднюю длину и массу корней (кор) и стеблей (ст), а также среднюю массу 1 мм корней (М 1 мм).

В результате проведенной работы было выявлено, что применение дрожжевого препарата «Ростмомент» (далее – РМ) способствовало стимулированию ростовых процессов в отношении проростков кресс-салата. Лишь минимальная доза дрожжевого препарата оказывала ингибирующее влияние на рост стебля в длину (–12,2 %) (рисунок 1). Увеличение дозы РМ стимулировало ростовые характеристики как стебля, так и корня. Так, уже при внесении рекомендуемой дозы раствора РМ отмечено незначительное превышение средней длины стебля кресс-салата в сравнении с загрязненным контролем, а в варианте 1,5 РМ этот показатель превышал длину стеблей в контроле – +4,9 %.

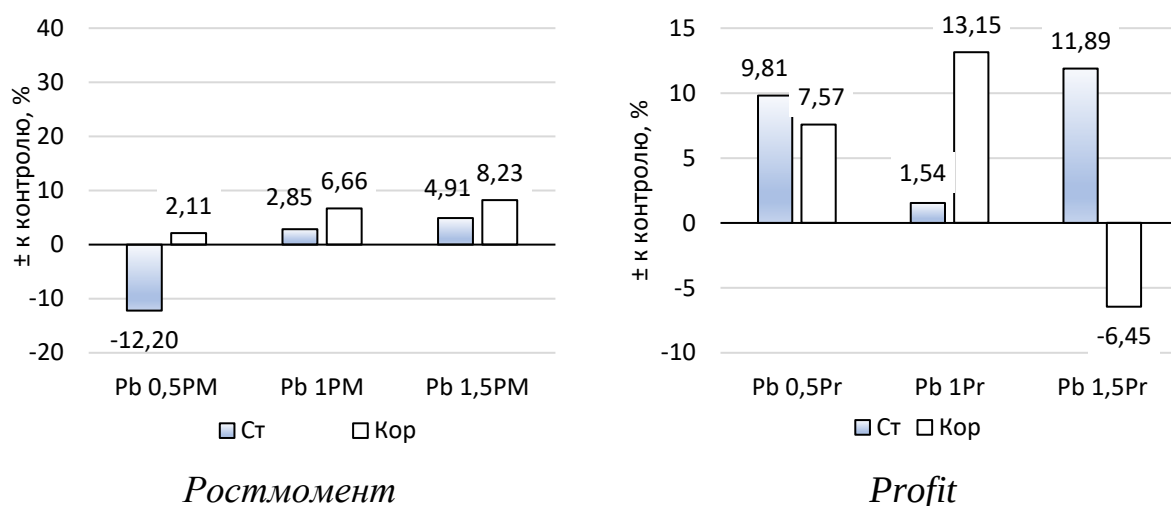


Рисунок 1 – Изменение морфометрических показателей кресс-салата в условиях свинцового загрязнения при применении почвенных добавок

Положительное влияние дрожжевого препарата на показатель длины корня был еще более выраженным. Так, уже в минимальной дозе отмечено незначительное повышение длины корня относительно загрязненного свинцом контроля (+2,1 %). Более высокие дозы препарата способствовали увеличению длины корня в сравнении с контролем на 6,7 и 8,2 % в вариантах 1РМ и 1,5РМ соответственно.

Влияние почвенной добавки «Profit триходерма» (далее – Tr) на морфометрические показатели кресс-салата было более неоднозначным, однако использование биопрепарата на основе цеолита в целом нейтрализовало токсичное действие ионов свинца на проростки тест-культуры, вследствие чего средняя длина стеблей была выше таковой в загрязненном

контроле. Положительное действие биопрепарата распространялось и на показатель длины корней тест-культуры. Так, уже при дозе препарата 0,5 Тг мы отмечали превышение средней длины корней на 7,6 % относительно загрязненного контроля. Повышение дозы до 1 Тг способствовало увеличению средней длины корней до +13,2 %. В условиях варианта 1,5 Тг средняя длина корня неожиданно снижалась не только в сравнении с другими вариантами с данным препаратом, но и относительно загрязненного контроля.

Свинцовое загрязнение способствовало сильному ингибированию процессов прорастания семян. При этом если доля проросших семян на 3-й день опыта составила 72 %, то к 5-му дню отмечено массовое отмирание проростков тест-культуры. Таким образом, показатель всхожести кресс-салата в условиях свинцового загрязнения составил всего 46 %, что свидетельствует о значительной токсичности свинцовой золы для тест-объекта.

В результате проведения опыта было выявлено, что дрожжевой препарат обладал выраженным стимулирующим воздействием на способность семян кресс-салата к прорастанию в условиях свинцового загрязнения почв. Так, на 3-й день опыта в варианте с минимальной дозой РМ отмечено повышение доли проросших семян более чем на 5,5 % относительно загрязненного контроля (рисунок 2).

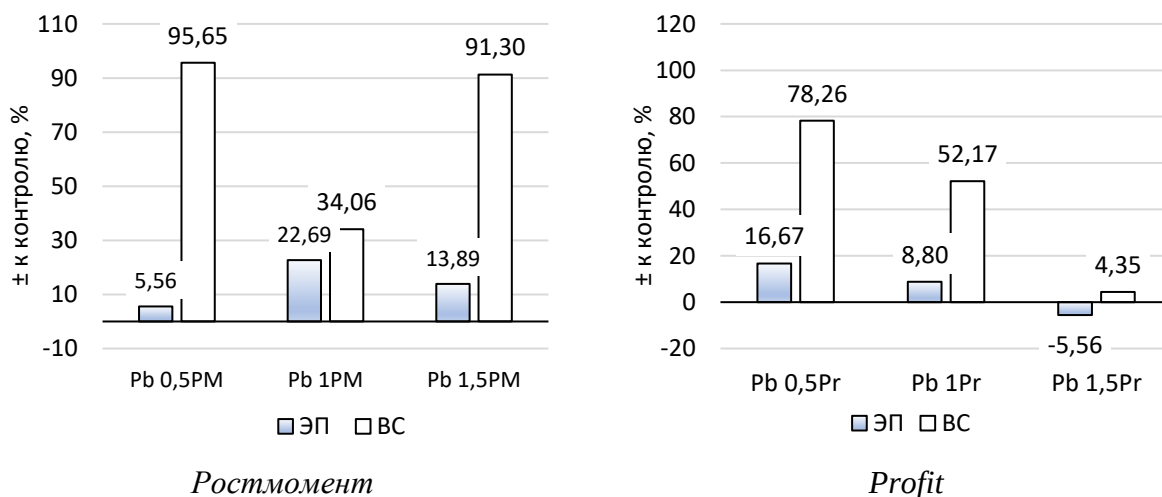


Рисунок 2 – Изменение посевных качеств семян кресс-салата в условиях свинцового загрязнения при применении почвенных добавок

Повышение дозы до рекомендуемой сопровождалось и повышением показателя ЭП до 88 % (+22,7 % к контролю), что было наиболее высоким показателем среди всех представленных вариантов в опыте. Максимальная доза препарата (1,5 РМ) также обладала стимулирующим эффектом в отношении показателя ЭП, однако количество проросших семян здесь в сравнении с вариантом 1 РМ было почти на 7 % ниже. Положительное

влияние дрожжевого препарата на всхожесть семян кресс-салата было очень существенным. Так, в вариантах 0,5 РМ и 1,5 РМ значения этого показателя были наиболее высокими – 90 и 88 %, что в свою очередь было выше значений в контроле на 95,7 и 91,3 % соответственно. Таким образом, в отношении показателя всхожести целесообразно использование препарата «Ростмомент».

Внесение в загрязненную свинцом почву минимальной дозы биопрепарата Profit способствовало увеличению доли проросших семян на 3-й день в сравнении с контролем на 16,7 %. Следует отметить, что в данном варианте зафиксирована и наибольшая (среди вариантов с Tr) доля проросших на 5-й день семян тест-культуры – 82 % (+78,3 % относительно контроля). Внесение в почву более высоких доз препарата при этом способствовало снижению способности семян к прорастанию (рисунок 2). Таким образом, в отношении показателей посевных качеств семян в условиях свинцового загрязнения целесообразно использование в качестве почвенной добавки препарата Profit в дозе 0,5 Tr.

Действие почвенных добавок в отношении показателей биомассы проростков кресс-салата было схожим. Так, и «Ростмомент», и Profit в минимальной дозе ингибировали прирост биомассы проростков. При этом средняя масса как надземной, так и подземной части растений при использовании дрожжевого препарата в минимальной дозе была ниже, чем в варианте с той же концентрацией препарата Profit (рисунок 3).

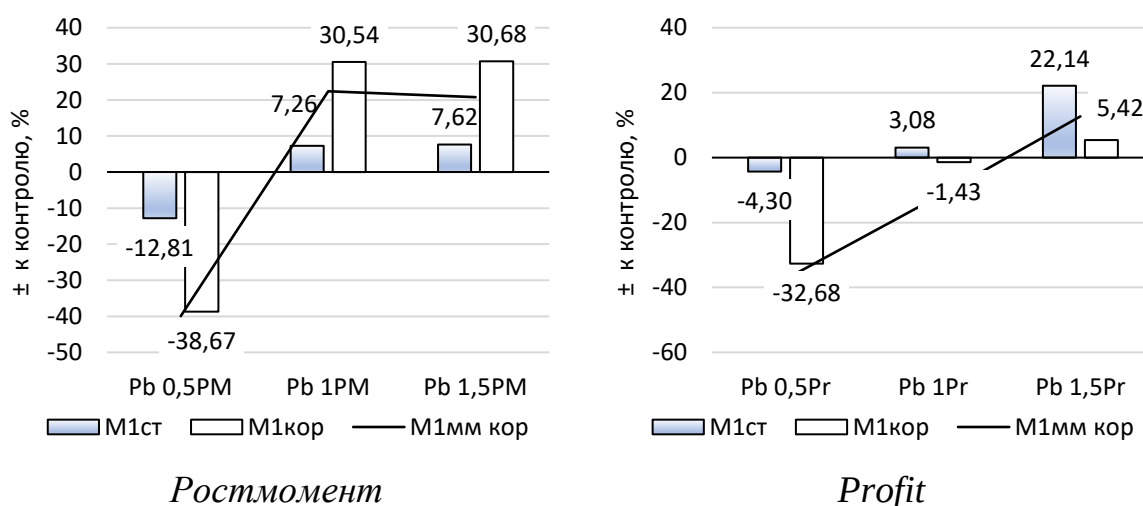


Рисунок 3 – Изменение массы проростков кресс-салата в условиях свинцового загрязнения при применении почвенных добавок

Внесение в почву более высокой дозы дрожжевого препарата способствовало значительному росту массы стебля (+23 %) и особенно корня (+112,8 %), что уже было выше значений в контроле на 7,3 и 30,5 %

соответственно. Дальнейшее повышение дозы дрожжевого препарата существенного изменения на показатель средней массы ни корня, ни стебля не оказывало.

Применение препарата Profit в рекомендуемой производителем дозе способствовало формированию биомассы проростков, лишь сопоставимой с таковой в загрязненном контроле. Однако внесение в почву наиболее высокой дозы (1,5 Tr) оказывало значимый стимулирующий эффект на массу корня (+5,4 %) и стебля (+22,1 %) в сравнении с контролем. Также следует отметить увеличение показателя массы 1 мм корня. Таким образом, отмечено формирование более мощных и здоровых корней при использовании более высоких доз почвенных добавок в условиях свинцового загрязнения. Так, в вариантах 1,5PM и 1,5 Tr этот показатель превышал значения в контроле на 20,7 и 12,7 % соответственно, что позволяет рекомендовать использование данных препаратов в этих дозах для снижения фитотоксичности почв, вызванной свинцовым загрязнением.

Таким образом, показано неоднозначное, но преимущественно положительное влияние исследованных биопрепаратов в качестве почвенных добавок на показатели тест-культуры на раннем этапе развития в условиях свинцового загрязнения.

Исследование выполнено в рамках НИР «Оценка гумусового состояния и биологической активности почв урбанизированных территорий с различной техногенной нагрузкой» (№ ГР 20211453 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Metal contamination and bioremediation of agricultural soils for food safety and sustainability. Nature Rev / D. Hou, D. O'Connor, A. D. Igalavithana [et al.] // Nature Reviews Earth & Environment. – 2020. – Nr. 1. – P. 366–381.
2. Wuana, R. A. Heavy Metals in Contaminated Soils : A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation / R. A. Wuana, F. E. Okieimen // ISRN Ecology. – 2011. – V. 2011, iss. 1. – P. 1–20.
3. Li, M. Heavy metal removal by biomineralization of urease producing bacteria isolated from soil / M. Li, X. Cheng, H. Guo // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2013. – Vol. 76, nr. 1. – P. 81–85.
4. Removal of Pb^{2+} ions from contaminated solutions by microbial composite: combined action of a soilborne fungus *Mucor plumbeus* and alunite matrix / T. Akar, S. Celik, A. G. Ari, S. T. Akar // Chemical Engineering Journal. – 2013. – Vol. 215–216. – P. 626–634.
5. Lee, S. W. Chromosomal locus for cadmium resistance in *Pseudomonas putida* consisting of a cadmium-transporting ATPase and a MerR family response regulator / S. W. Lee, E. Glickmann, D. A. Cooksey // Applied and Environmental Microbiology. – 2001. – Vol. 67. – P. 1437–1444.

[К содержанию](#)

УДК 574.587(28)

А. А. ДОРОШУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ
ЦЕЗИЯ-137 В РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЯХ Г. ПИНСКА
ЗА ПЕРИОД 2020–2024 ГГ.**

Актуальность. Административные районы Беларуси имеют населенные пункты, которые подверглись значительному радиоактивному загрязнению. Одним из таких районов является Пинский. Результаты радиационного контроля дикорастущих даров леса в Пинском районе показывают превышение допустимых норм цезия-137, который поглощается растениями из почвы. Цезий-137 является одним из главных компонентов техногенного радиоактивного загрязнения биосферы. Причинами загрязнения цезием-137 являются аварии на атомных электростанциях. Выделяют загрязнения чернобыльского и нечернобыльского происхождения. После взрыва на Фукусиме на всех пунктах наблюдений было зафиксировано незначительное увеличение цезия-137. Приборы мониторинга зафиксировали увеличение фона и во время пожаров на чернобыльской территории. Причинами загрязнения аэрозолей также являются сбросы заводов, которые перерабатывают ядерные отходы АЭС, выбросы на атомных подводных лодках, испытания ракет с ядерной энергетической установкой.

Цезий-137 является продуктом деления урана и представляет наибольшее негативное воздействие на организм человека. Долгосрочная опасность цезия-137 связана с его длительным периодом полураспада, составляющим 30 лет. Основная его доля находится в верхнем корнеобитаемом слое почвы. Потребляя загрязненные продукты питания, человек получает дозу облучения и накапливает цезий-137 в организме. Гамма-излучение опасно для человека: в больших дозах оно приводит к лучевой болезни, онкологии и вызывает мутации.

Цель – осуществить мониторинг динамики выбросов цезия-137 (Cs-137) в аэрозолях приземного слоя атмосферы г. Пинска за 2020–2024 гг.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования использовались данные Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь за 2020–2024 гг. Методы – анализ и статистическая обработка данных.

Результаты исследований. Для ежедневного измерения радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы в г. Пинске используется пункт наблюдения, оборудованный фильтровентиляционной установкой. С ее помощью прокачивают большие объемы воздуха через фильтр, состоящий из ткани Петрянова, которую затем вынимают и в лабораторных условиях измеряют содержание цезия-137. Содержание цезия-137 в годовой пробе аэрозолей в приземном слое атмосферы в г. Пинске представлено в таблице [1].

Таблица – Содержание цезия-137 в годовой пробе аэрозолей в 2020–2024 гг., зафиксированное фильтровентиляционной установкой г. Пинска

Наименование показателя	Максимальное среднегодовое значение, $\times 10^{-5}$ Бк/м ³				
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Цезий-137 (Cs-137)	0,86	1,03	0,72	0,70	0,66

Анализ результатов измерения цезия-137 показал, что за весь анализируемый период данный показатель в пробе аэрозолей в приземном слое атмосферы г. Пинска соответствовал установившимся средним многолетним значениям, что свидетельствует о стабильности радиационной обстановки (таблица). С 2021 г. наблюдается ежегодное снижение содержания данного показателя. В 2024 г. содержание цезия-137 в приземном слое атмосферы составило $0,66 \times 10^{-5}$ Бк/м³, что является наиболее низким показателем за весь период наблюдений (рисунок).

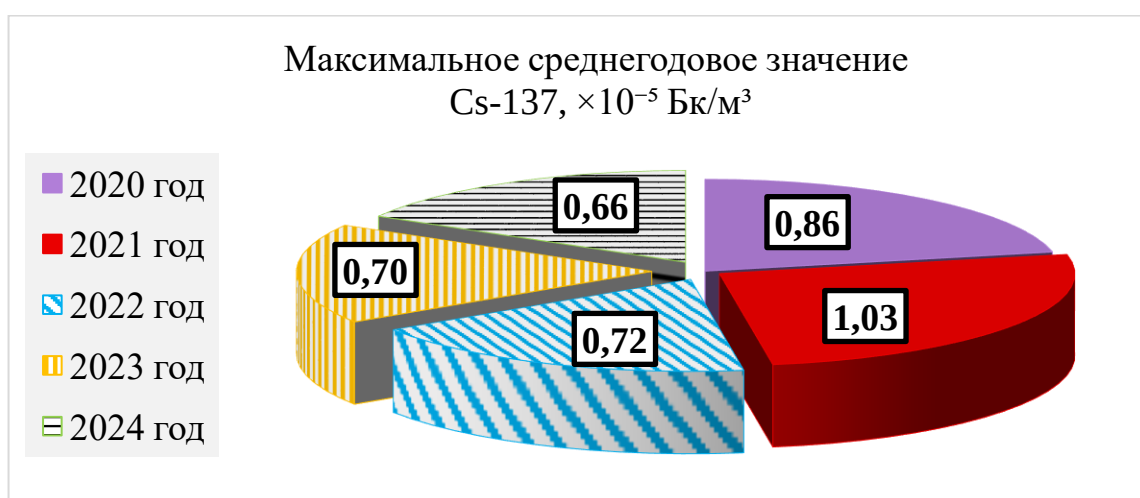


Рисунок – Содержание Cs-137 за 2020–2024 гг.

Периоды с повышенными уровнями содержания цезия-137 в пробах аэрозолей были кратковременными и не оказывали негативного влияния на радиационную обстановку окружающей среды. В апреле 2020 г. наблюдалось увеличение среднемесячного содержания цезия-137 в пробе аэрозолей. Показатель составил $1,51 \times 10^{-5}$ Бк/м³, что связано с возникновением лесных пожаров в Чернобыльской зоне отчуждения и ветреной погодой. Кроме пожаров, когда в результате горения древесины выбрасывается в атмосферу накопленный ей цезий-137, причинами загрязнения могут быть горизонтальные миграции при ветровой эрозии почвы. В 2021–2024 гг. крупных пожаров, способных привести к повышению уровня цезия-137, не зафиксировано. Пинскому району присуще и вертикальное миграционное загрязнение цезием-137, связанное с тем, что большая часть района находится в границах Припятского Полесья. Вертикальная миграция цезия-137 связана с переносом нуклида токами воды и выносом загрязняющего вещества растениями из корнеобитаемого слоя почвы в наземную часть растений. Наиболее низкий показатель среднемесячного содержания цезия-137 в пробе аэрозолей приземного слоя атмосферы в анализируемом периоде зафиксирован в июле 2024 г. Показатель составил $0,24 \times 10^{-5}$ Бк/м³. Превышений контрольного уровня суммарной бета-активности для аэрозолей приземного слоя атмосферы (3700×10^{-5} Бк/м³) в Пинске за анализируемый период не зафиксировано.

Заключение. В ходе анализа содержания цезия-137 в аэрозолях приземного слоя атмосферы г. Пинска за 2020–2024 гг. установлено, что его уровень не является постоянным, наблюдается положительная динамика снижения. В целом уровень цезия-137 в анализируемом периоде соответствовал установившимся для конкретного пункта наблюдений многолетним значениям и был значительно ниже уровня, при котором необходимо обеспечение радиационной безопасности. Это позволяет сделать вывод, что общее состояние аэрозолей приземного слоя атмосферы по содержанию цезия-137 достаточно благополучное.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь : [сайт]. – Минск, 2003–2025. – URL: <http://www.pravo.by> (дата обращения: 10.01.2025).

[К содержанию](#)

УДК 543.34:628.112:628.4.032

Н. И. ДРОЗДОВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

**АНАЛИЗ АНИОННОГО СОСТАВА ВОД
НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ
Г. ГОМЕЛЯ**

В настоящее время остается актуальной проблема обеспечения питьевой водой соответствующего качества населенных пунктов с нецентрализованным водоснабжением. Знания о состоянии подземных вод необходимы для изучения процессов формирования их качества в естественных и слабонарушенных условиях, для анализа текущей ситуации и выявления возможных негативных изменений в подземных водах на территориях, испытывающих антропогенную нагрузку. Особую актуальность данные исследования приобретают в населенных пунктах, лишенных централизованной системы водоснабжения и находящихся в зоне потенциального влияния различных объектов хозяйствования, где подземные воды неглубокого залегания используются населением для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Основные источники загрязнения вод шахтных колодцев можно разделить на две группы: загрязнения, связанные с деятельностью человека и неправильной эксплуатацией колодца, и загрязнения естественного происхождения. Частой причиной загрязнения являются близкое расположение животноводческих комплексов; незащищенность верхних водоносных горизонтов; активное ведение сельского хозяйства с использованием органических и минеральных удобрений; близкое расположение к колодцам хозяйственных построек (сарая, выгребных туалетов); влияние полигонов твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) и полей фильтрации.

Широкий спектр химических соединений, образующихся на полигонах ТКО, может оказывать влияние на все компоненты природной среды, в том числе и на состав подземных вод. Каждый полигон имеет различную дальность действия, которая может изменяться с течением времени и зависит от гидрогеологических условий размещения полигона и характера загрязнения. Полигон ТКО г. Гомеля расположен в 4 км к юго-западу от г. Гомеля. На юге полигон граничит с полями фильтрации городских очистных сооружений. Полигон эксплуатируется с 1968 г.

Мощность полигона составляет 870 тыс. м³/год (полигон высокой мощности). Эксплуатация полигона началась до принятия нормативных документов, регламентирующих деятельность современных полигонов [1]. У полигона отсутствует противофильтрационный экран, который мог бы препятствовать проникновению загрязняющих веществ в подземные воды; полигон частично обвалован, отсутствует обводной канал, что способствует распространению фильтрата вместе с паводковыми и дождевыми водами, проникновению их в почвы и грунты; полигон расположен в понижении рельефа [2].

С учетом ограниченности общих запасов питьевой воды и ее важного стратегического значения для сохранения возможности использования в хозяйственно-питьевых целях необходим систематический контроль качества питьевой воды.

Мониторинг качества воды из шахтных колодцев в н. п. Уза и н. п. Сосновка осуществлялся на протяжении 2021–2024 гг., что позволило проанализировать возможную сезонную вариативность показателей. При оценке соответствия питьевых вод гигиеническим нормативам руководствовались показателями безопасности питьевой воды [3].

Значения кислотности воды варьировались в пределах 7,50–8,62 и соответствовали показателям качества. Анализ анионного состава воды выявил несоответствие гигиеническим требованиям таких показателей, как содержание хлоридов, фосфатов и нитратов в отдельных объектах пробоотбора (таблица 1). Допустимые значения содержания хлоридов были превышены в 1,1–1,9 раза, содержание фосфатов в зимний и весенний периоды превышали ПДК в 1,3–1,5 раза. В пробах 2024 г. отбора единичные превышения нормативов по азотсодержащим компонентам выявлены только в отношении нитрат-ионов, что, вероятно, связано с сельскохозяйственной деятельностью населения (близкорасположенные сельхозугодья, ведение приусадебного хозяйства).

Содержание сульфатов в воде шахтных колодцев варьировалось от 14 до 343 мг/дм³ без превышения ПДК. Наибольшие значения показателей фиксировали в зимний и весенний периоды. Было установлено, что объекты водозабора значимо отличись по содержанию сульфат-ионов (до 24,5 раза). Для оценки связи между значениями отдельных гидрохимических показателей и удаленностью объектов водоотбора от границ тела полигона произведен расчет коэффициентов корреляции. Обратная корреляция от слабой до средней силы выявлена для содержания сульфатов ($r = -0,69$) и фосфатов ($r = -0,39$).

Оценка физиологической полноценности воды нецентрализованного водоснабжения как питьевого источника проводилась нами на основании анализа содержания сухого остатка, бикарбонатов и фторидов [4].

Содержание бикарбонатов в воде составляло 115,9–278,2 мг/дм³ и соответствовало показателю физиологической полноценности (30,0–400,0 мг/дм³). Низкие значения фторид-ионов в диапазоне 0,14÷0,86 мг/дм³ и 0,11÷0,15 мг/дм³ в н. п. Уза и Сосновка соответственно указывают на их недостаточное содержание в большинстве объектов водоотбора, что согласуется с приводимыми в литературе данными о низком содержании иодидов и фторидов в подземных водах большинства регионов Беларуси.

Таблица 1 – Количественная оценка основных показателей вод из шахтных колодцев, несоответствующих ТНПА (по данным 2024 г.)

Параметры	Хлориды	Фосфаты	Нитраты
Район Гомельского полигона ТКО, н. п. Уза (1200–1400 м от полигона)			
<u>min – max</u>	10 – 678	0,01 – 4,76	3,02 – 71,0
среднее содержание	<u>235</u>	<u>1,93</u>	<u>11,87</u>
Кратность превышения ПДК	1,1–2,3	1,3–1,5	до 1,58
Частота превышения ПДК, %	18,8	25	6,25
Характеристика загрязненности воды	неустойчивая		единичная
Район Гомельского полигона ТКО, н. п. Сосновка (2500 м от полигона)			
<u>min – max</u>	96 – 187	0,026 – 0,058	10,5 – 55,6
среднее содержание	<u>155</u>	<u>0,042</u>	<u>32,6</u>
Кратность превышения ПДК	–	–	1,1–1,2
Частота превышения ПДК, %	–	–	50
Характеристика загрязненности воды	–	–	характерная

Грунтовые воды в зоне влияния полигона ТКО г. Гомеля не защищены от проникновения загрязнения с земной поверхности. Распространение очага загрязнения по площади грунтового водоносного горизонта происходит весьма быстро. Однако известно также, что происходит интенсивное разбавление стоков чистыми инфильтрационными и грунтовыми водами за пределами полигона.

Для выявления возможной связи между гидрохимическими показателями, на протяжении 2021–2024 гг. превышающими ПДК, и особенностями загрязнения почвы территорий, сопредельных с санитарно-защитной зоной (далее – СЗЗ) полигона ТКО г. Гомеля, проанализировано содержание в них нитратов, хлоридов и фосфатов. Установлено, что только в 2021 г. содержание нитрат-ионов в 35,3–57,1 % проанализированных проб почвы превышало ПДК с максимальной

кратностью превышения 1,30–1,95 раза. Содержание в почве фосфатов и сульфатов за весь период наблюдений оставалось ниже ПДК. Таким образом, прямой связи между загрязнением почвы территории, непосредственно примыкающей к СЗЗ (500–1000 м от границ тела полигона), и загрязнением вод шахтных колодцев не выявлено.

Одним из факторов загрязнения вод водоносных горизонтов неглубокого залегания может служить загрязнение почвенного покрова непосредственно в районе расположения колодцев. В этой связи был произведен отбор проб почвы в непосредственной близости от объектов водозабора и проведен анализ содержания в них нитратов, хлоридов, фосфатов и сульфатов. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа почв в районе размещения шахтных колодцев в н. п. Уза

Объект	NO_3^- , мг/кг	Cl^- , мг/кг	P_2O_5 , мг/100 г почвы	SO_4^{2-} , мг/кг почвы
Колодец 1	314,3	14,94	2,47	23,36
	307,3	13,62	2,83	22,46
Колодец 2	295,3	16,20	2,81	25,33
	289,3	15,73	3,27	24,81
Колодец 3	294,7	14,71	2,57	26,28
	288,0	13,76	2,90	25,49
Колодец 4	271,7	13,73	2,73	22,43
	264,0	12,82	3,25	21,51
ПДК	130			160

Примечание – В числителе представлены результаты летнего опробования, в знаменателе – весеннего.

Во всех образцах почвы установлено превышение допустимых концентраций нитрат-ионов в среднем в 1,90–2,40 раза. Содержание хлорид-ионов, как и сульфатов, находилось в пределах допустимых концентраций. Почвы возле колодцев имели очень низкую и низкую обеспеченность P_2O_5 .

Установленное превышение предельно допустимых концентраций нитрат-ионов в почве, вероятно, может оказывать влияние на содержание нитрат-ионов в питьевой воде шахтных колодцев. Локальное загрязнение почвы в районе размещения шахтных колодцев связано, вероятно, с близким расположением частных подворий и хозяйственных построек (сарая, выгребных ям, туалетов, огородов), что при незащищенности верхних водоносных горизонтов может стать причиной повышения уровня

азотсодержащих соединений, особенно в периоды подъема уровня грунтовых вод, обильных осадков, паводков.

Для выявления характера и степени связи между загрязнением почвы и содержанием одноименных компонентов в водах шахтных колодцев выполнен корреляционный анализ. Прямая корреляция средней силы установлена для содержания фосфатов в почве и воде с коэффициентом корреляции $r = 0,67$. Для других анализируемых параметров за период наблюдений 2024 г. достоверной корреляции не выявлено.

Таким образом, изучение состояния вод из нецентрализованного водоснабжения в населенных пунктах, находящихся в зоне потенциального влияния полигонов ТКО, имеет важную социально-практическую значимость, позволяет выявлять несоответствия их качества гигиеническим нормативам и оповещать население о необходимости дополнительных мер по очистке вод перед их использованием в хозяйственно-питьевых целях.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг., подпрограмма «Радиация и биологические системы», задание 3.04.05.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысухо, Н. А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду : монография / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.

2. Третьякова, А. В. Пресные подземные воды территории Гомельской области: динамика, экология, особенности использования : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.01.07 / Третьякова Анна Васильевна. – Минск, 2013. – 22 с.

3. Об утверждении гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037> (дата обращения: 28.02.2024).

4. Семенов, И. П. Гигиеническая оценка качества питьевой воды : учеб.-метод. пособие / И. П. Семенов, И. В. Скоробогатая. – Минск : БГМУ, 2023. – 32 с.

[К содержанию](#)

УДК 577.13:631.1

М. О. КАЙДАЛОВА^{1,2}, Н. Ю. КОЛБАС^{1,2}, А. П. КОЛБАС^{1,3}

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

²Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

³Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-СОВМЕСТИМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ МАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ

Система агрохимического земледелия с применением минеральных удобрений и пестицидов привела к эрозии почвы, ухудшению состояния земель, распространению болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, вследствие чего утрачиваются достигнутые преимущества в технологии и организации производства. В результате получение высокого урожая стало возможно только при использовании минеральных удобрений и пестицидов. Как следствие, наблюдается не только загрязнение почв и водоемов остатками химикатов, но и их повышенное содержание в сельскохозяйственной продукции, что негативно влияет на здоровье человека. Таким образом, восстановление природных ресурсов стало одной из основных проблем сельского хозяйства, на решение которой изначально и было направлено органическое земледелие. Со временем к решению задачи по охране почвы добавились и проблемы безопасности продуктов питания, сохранение биоразнообразия и природных экосистем, предотвращение парникового эффекта и т. д. [1].

Переход на органическое земледелие является мировой тенденцией, в некоторых странах исследования проводятся на государственном уровне, в том числе и в Беларуси. При органическом земледелии отдается приоритет партнерских отношений между человеком и природой, используются органические средства защиты, искусственные добавки полностью заменяют природными аналогами [2]. В Республике Беларусь с 2019 г. действует Закон «О производстве и обращении органической продукции», и в настоящее время производством органической продукции в стране занимается 27 субъектов хозяйствования. Разработаны некоторые принципы ведения органического сельского хозяйства, в особенности овощных культур, при этом недостаточно внимания уделяется плодово-ягодным.

Важным свойством, определяющим качество плодово-ягодной продукции, является ее биохимический состав. Среди биологически

активных веществ, обладающих лечебно-профилактическим действием, выделяют фенольные соединения (далее – ФС). Отметим, что содержание биологически активных определяется как генетическими особенностями растений, так и экологическими факторами, в том числе особенностями культивирования.

Цель исследования – оценить общее содержание ФС (в том числе фенолкарбоновых кислот, флавонолов и антоцианов) в плодах малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) сорта Метеор при разных стратегиях обработки в условиях перехода к органическому выращиванию.

Полевой эксперимент проведен в 2024 г. Для исследования были выбраны препараты «Энтолек», «Профит», «Битоксибациллин» (таблица 1). В течение вегетационного сезона проведена обработка биопрепаратами согласно общепринятой методике для улучшения состояния почвы и борьбы с вредителями и болезнями малины. Для выявления эффективности биопрепаратов были отобраны плоды с растений без обработок (контроль) и конвенционного (традиционного) культивирования.

Таблица 1 – Краткая характеристика биопрепаратов

Название	Производитель	Состав
1. Битоксибациллин	Сиббиофарм, Российская Федерация	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i>
2. Профит (М+Б)	ООО «Профит-Гарден», Республика Беларусь	<i>Metarhizium</i> , <i>Beauveria</i>
3. Энтолек	РУПП «Защита растений», Республика Беларусь	<i>Lecanicillium lecanii</i>

Плоды малины заготавливали в стадии потребительской зрелости, порции по 100 г лиофилизировали и измельчали; ФС экстрагировали 70 %-м этанолом. Содержание ФС определяли спектрофотометрическими методами, описанными нами ранее [3]. Все опыты были выполнены в трехкратной повторности. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы R software.

Выход сока из плодов малины варьировал от 41,1 до 46 %, содержание сухого вещества – от 16,39 до 18,7 %. В контрольных образцах малины общее содержание ФС составило $15,64 \pm 0,34$ мг галловой кислоты/г лиофилизированных плодов, фенолкарбоновых кислот – $9,2 \pm 0,86$ мг кофейной кислоты/г, флавонолов – $1,9 \pm 0,17$ мг кверцетина, антоцианов – $2,06 \pm 0,04$ мг цианидин 3-О-глюкозида/г.

При конвенционном культивировании содержание ФС и фенолкарбоновых кислот в плодах малины было ниже по сравнению с контролем на 12 и 10,3 % соответственно, при этом содержание флавонолов и антоцианов было выше на 20,3 и 46,5 % (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика содержания фенольных соединений (относительно контроля) в плодах малины обыкновенной (сорт Метеор) при разных стратегиях обработки растений

Вариант опыта	Относительное содержание (процент к контролю)			
	Фенольные соединения	Фенолкарбоновые кислоты	Флавонолы	Антоцианы
Обработка биопрепаратами:				
Битоксибациллин	–44,3*	–14,3*	–12,6*	–1,3
Профит	–13,2*	–9,0	61,6**	–30,6*
Энтолек	2,3	–3,6	29,9*	17,8*
Конвенционное выращивание	–12,0*	–10,3	20,3*	46,5*

Примечание – * – отличия от контроля достоверны при уровне значимости $p < 0,05$, ** – при $0,01 < p < 0,001$.

Согласно литературным данным, органические образцы (выращенные без использования пестицидов) плодов *R. idaeus* сортов Laszka, Glen Ample, Glen Fine [4], Polana [5] (Польша), Willamette (Сербия) [6] содержали значительно больше сухого вещества, фенольных кислот и флавоноидов, включая мирицетин, кверцетин, лютеолин и кверцетин-3-*O*-рутинозид. Для плодов ремонтантного сорта Polka (осенний сбор урожая) [4] различия значений вышеуказанных параметров не были статистически достоверными.

Отклик биохимических параметров плодов малины на обработку биопрепаратами был различным. При использовании как битоксибациллина, так и профита установлено достоверное снижение общего содержания ФС и фенолкарбоновых кислот (таблица 2). Содержание флавонолов понижалось только при обработке битоксибациллином. Отметим, что этот препарат включает культуру *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*, которая при попадании в организм насекомых вызывает у вредителей кишечный токсикоз. Через несколько часов после обработки у больных насекомых резко снижается аппетит, а через несколько дней они погибают. В состав белорусского препарата «Профит», обработка которым наиболее сильно повышает содержание флавонолов (на 61,6 %) в плодах малины, входят два энтомопатогенных гриба (таблица 1).

Обработка растений малины препаратом «Энтолек» привела к росту содержания флавонолов и антоцианов в их плодах, при этом достоверное изменение двух других параметров не выявлено (таблица 2). Этот биологический препарат инсектицидного и акарицидного действия в качестве действующего компонента содержит споры энтомопатогенного гриба *Lecanicillium lecanii* и энтомоцидные метаболиты [7].

Таким образом, содержание в плодах малины ФС, в том числе флавонолов и антоцианов, изменяется при обработке растений как биопрепаратами, так и химическими средствами защиты растений. С учетом полученных нами данных при переходе к органическому культивированию малины обыкновенной наиболее эффективной является обработка растений биопрепаратом «Энтолек», позволяющая осуществлять борьбу с насекомыми-вредителями без снижения содержания в плодах биологически активных веществ фенольной природы.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ-Брест № X24Б-005.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочурко, В. И. Основы органического земледелия : практ. пособие / В. И. Кочурко, Е. Э. Абарова, В. Н. Зуев. – Минск : Донарит, 2013. – 176 с.
2. Органическое земледелие с нуля // Союз органического земледелия. – URL: <https://soz.bio/osnovy-organicheskogo-zemledeliya> (дата обращения: 07.07.2024).
3. Оценка биохимических и дегустационных параметров плодов *Prunus cerasus* L. / Н. Ю. Колбас, А. П. Колбас, А. С. Домась, Д. Првулович // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. – 2020. – Вып. 2. – С. 49–57.
4. Ponder, A. The effects of organic and conventional farm management and harvest time on the polyphenol content in different raspberry cultivars / A. Ponder, E. Hallmann // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 301, nr. 125295. – P. 1–8.
5. Phytochemical Composition of the Fruits and Leaves of Raspberries (*Rubus idaeus* L.) – Conventional vs. Organic and Those Wild Grown / M. Kotuła, J. Kapusta-Duch, S. Smoleń, I. Doskočil // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12, nr. 11783. – P. 1–21.
6. Organic versus conventional ‘Willamette’ raspberry: yield, bioactive compounds and antioxidant properties / S. Murtić, M. Đurić, J. Fazlić [et al.] // Horticultural Science. – 2023. – Vol. 50, iss. 4. – P. 275–282.
7. Энтолек. – URL: <https://izr.by/doc/entolec.pdf> (дата обращения: 07.07.2024).

[К содержанию](#)

УДК 581.821

С. Э. КАРОЗА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТА
С ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ НА НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ
И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ
ТЕТРАПЛОИДНОГО СОРТА ОМЕГА**

Актуальность. Эпикастастерон является представителем довольно обширной группы brassinостероидов, включающей в себя фитогормоны, выделенные из растений различных семейств. На основе многочисленных исследований было установлено, что они жизненно важны для нормального роста и развития растений, что и привело к выделению нового класса растительных гормонов [1]. Оценка влияния этих соединений на живые организмы проводилась в разных странах, и наиболее полный обзор их результатов опубликован сотрудниками Института биоорганической химии НАН Беларуси [2]. По результатам исследований, проведенных в БрГУ имени А. С. Пушкина, были определены наиболее перспективные для применения в растениеводстве препараты [3]. Но в Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, из brassinостероидов включены только эпин и эпин плюс, содержащие соответственно эпибрасинолид и гомобрасинолид [4]. Сотрудниками Института биоорганической химии НАН Беларуси были синтезированы конъюгаты brassinостероидов с органическими кислотами, которые отличаются по физико-химическим свойствам от самих brassinостероидов, и оценка их влияния на растения является весьма актуальной. Одним из таких соединений является конъюгат 24-эпикастастерона с янтарной кислотой, которая сама обладает определенной биологической активностью и довольно широко используется в растениеводстве в качестве стимулятора роста и развития растений.

В качестве тест-объекта мы использовали гречиху посевную, т. к. 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 ценен как антиоксидант [5]. Из гречневой крупы и соломы выделены и другие витамины: рутин, ниацин, рибофлавин и фолиевая кислота.

Гречиха также содержит много железа, меди, кобальта, марганца и других микроэлементов.

Но, несмотря на эти достоинства, в Беларуси посевные площади под эту культуру в начале XXI в. постоянно уменьшались, и только в последние годы начали увеличиваться [6]. Одна из причин – невысокая урожайность зерна, обусловленная целым комплексом причин, в том числе зависимостью от погодных условий. Поэтому белорусские аграрии не выдерживают конкуренции с зарубежными, хотя эта культура обладает высоким потенциалом продуктивности [7]. Повысить ее можно различными агротехническими мероприятиями, например стимуляцией роста, иммунитета и урожайности с помощью биологически активных веществ, в том числе и конъюгатов брассиностероидов, положительное влияние которых на рост и развитие гречихи диплоидного сорта Влада нами уже было доказано ранее [8; 9]. В доступных источниках данных о влиянии таких соединений на рост и развитие гречихи посевной тетраплоидных сортов нами обнаружено не было, хотя сейчас они набирают популярность в аграрном производстве.

Цель – проанализировать влияние 24-эпикастастерона и его тетра-сукцината на начальный рост и содержание фотосинтетических пигментов в гречихе посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) тетраплоидного сорта Омега.

Материалы и методы. В качестве тест-объекта использовали гречиху районированного для всех областей Республики Беларусь тетраплоидного детерминантного сорта Омега, отличающегося крупным размером плодов и высокой урожайностью, включенного в реестр сортов только в 2022 г. [10]. В качестве объектов исследования использовали 24-эпикастастерон (далее – ЭК) и тетрасукцинат 24-эпикастастерона (S439). Первый этап эксперимента по оценке их влияния на основные показатели, характеризующие начальные этапы роста и развития гречихи посевной, проводился по стандартной методике проращивания в рулонах фильтровальной бумаги по ГОСТ 12038-84 [11]. Первоначально для выявления наиболее эффективных доз препаратов проводилось замачивание семян на 5 часов в растворах в широком спектре концентраций от 10^{-11} до 10^{-7} М. На втором этапе использовали только три наиболее эффективные дозы. Растения гречихи выращивали в горшках с почвогрунтом, распределенных рандомизированно, 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, и 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 °С 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 Веттштейна [12].

Результаты и обсуждение. Энергию прорастания ЭК повысил в трех из пяти используемых концентраций (10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М) на 0,9, 7,5 и 12,1 %, а S439 – на 13,5, 16,3 и 7,7 % соответственно. На всхожесть оба препарата оказали незначительное и недостоверное влияние, что объясняется большей стабильностью этого показателя.

На высоту проростков ЭК оказал неоднозначное влияние (таблица). Использование растворов с концентрациями 10^{-11} , 10^{-9} и 10^{-8} М увеличило этот показатель на 2,6, 8,6 и 6,1 % соответственно, но достоверно только в среднем используемом варианте. Применение доз 10^{-10} и 10^{-7} М уменьшило его на 2,6 и 1,0 % соответственно. Тетрасукцинат ЭК оказал на высоту проростков более слабое влияние, чем на энергию прорастания, но более сильное, чем на всхожесть (таблица). Применение растворов с концентрациями 10^{-10} и 10^{-9} М увеличило ее на 9,2 и 1,4 %, а в концентрациях 10^{-11} , 10^{-8} и 10^{-7} М незначительно и недостоверно понизило по сравнению с контролем на 1,5, 0,8 и 2,8 % соответственно.

Таблица – Влияние ЭК и S439 на высоту проростков и длину корешков гречихи посевной сорта Омега в лабораторном эксперименте

Показатель	Высота проростка		Длина корешка	
	мм	% к контролю	мм	% к контролю
Соединение	24-эпикастастерон			
Контроль	72,2 ± 2,11	100,0	30,3 ± 0,97	100,0
10^{-11}	74,1 ± 1,27	102,6	29,8 ± 0,88	98,3
10^{-10}	70,3 ± 1,89	97,4	31,7 ± 1,06	104,6
10^{-9}	78,4 ± 2,21*	108,6	33,4 ± 0,83**	110,2
10^{-8}	76,6 ± 2,17	106,1	28,9 ± 1,13	95,4
10^{-7}	71,5 ± 1,86	99,0	28,1 ± 1,45*	92,7
Соединение	Тетрасукцинат 24-эпикастастерона			
Контроль	74,3 ± 1,68	100,0	44,7 ± 0,89	100,0
10^{-11}	73,2 ± 1,71	98,5	45,3 ± 1,16	101,2
10^{-10}	81,1 ± 2,05*	109,2	43,3 ± 1,27	96,8
10^{-9}	75,3 ± 2,01	101,4	51,8 ± 1,31**	115,7
10^{-8}	73,7 ± 2,03	99,2	48,9 ± 1,16*	109,4
10^{-7}	72,2 ± 1,74	97,2	39,9 ± 0,97*	89,1

Влияние ЭК на длину корешков было более логичным (таблица). Растворы с концентрациями 10^{-10} и 10^{-9} М увеличивали ее на 4,6 и 10,2 % соответственно. Применение доз 10^{-11} , 10^{-8} и 10^{-7} М вызывало уменьшение этого показателя на 1,7, 4,6 и 7,3 % соответственно. Тетрасукцинат в целом оказал на этот показатель разнонаправленное влияние (см. таблицу). При использовании растворов с концентрациями 10^{-11} , 10^{-9} и 10^{-8} М происходило его увеличение на 1,2, 15,7 и 9,4 % соответственно, в последних двух вариантах с достоверными отличиями от контроля. При использовании доз 10^{-10} и 10^{-7} М происходило его уменьшение на 3,2 и 10,9 % соответственно.

Влияние растворов ЭК на массу проростков не совпадало полностью с влиянием на их высоту. Она увеличилась в трех вариантах (10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М) на 0,7, 11,2 и 7,8 % соответственно, но достоверной разница с контролем была только в среднем варианте, а дозы 10^{-11} и 10^{-7} М вызвали уменьшение этого показателя на 2,1 и 9,6 % соответственно, в последнем случае разница с контролем была достоверной. Влияние растворов S439 на этот показатель в целом было аналогичным их влиянию на высоту проростков, но количественно результаты отличались. Масса надземной части увеличилась в трех вариантах, но достоверно по сравнению с контролем (на 10,2 %) только при применении дозы 10^{-9} М, а достоверное увеличение высоты наблюдалось при использовании раствора с концентрацией 10^{-10} М. Во всех остальных вариантах достоверных отличий от контроля не наблюдалось.

Влияние ЭК и S439 на содержание фотосинтетических пигментов в целом было положительным, но выраженным сравнительно слабо. Раствор ЭК только в дозе 10^{-10} М недостоверно уменьшал содержание хлорофилла *a* на 3,2 %, одновременно компенсируя это снижение увеличением содержания хлорофилла *b* на 4,4 %. В дозе 10^{-8} М ЭК вызывал повышение содержания и хлорофилла *a*, и *b* (на 6,4 и 2,1 % соответственно), но достоверное только для хлорофилла *a*. В концентрации 10^{-9} М влияние ЭК было положительным, но недостоверным (+2,1 и 1,3 % соответственно). Использование раствора S439 в дозе 10^{-9} М достоверно повысило содержание хлорофилла *a* на 8,2 %, одновременно недостоверно понизив содержание хлорофилла *b* на 2,5 %. Доза 10^{-10} М оказывала слабое положительное воздействие на оба показателя (+5,7 и 3 % соответственно), но достоверное только для хлорофилла *a*. Раствор в концентрации 10^{-8} М недостоверно снижал содержание хлорофилла *a* на 2,4 %, а хлорофилла *b* также недостоверно повышал на 4,1 %.

Заключение. Проведенные исследования позволили сделать общий вывод, что тетраплоидная гречиха сорта Омега, по сравнению с диплоидным сортом Влада, обладает менее выраженной чувствительностью

к действию 24-эпикастастерона и его тетрадукцината, что может объясняться большей стабильностью на начальных этапах роста и развития за счет большего запаса питательных веществ и более высокой устойчивости за счет более крупных размеров плодов у сорта Омега. По всему комплексу показателей тетрадукцинат 24-эпикастастерона проявил наиболее выраженные стимулирующие свойства в отношении обоих сортов в более низкой дозе 10^{-9} М, по сравнению с самим ЭК, где максимальная положительная активность наблюдалась при использовании раствора в концентрации 10^{-8} М.

Исследования проводились в рамках выполнения финансируемой темы ГПНИ «Оценка влияния природных brassinosteroidов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» (2021–2025 гг.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерфлинг, К. Н. Гормоны растений / К. Н. Дерфлинг. – М. : Наука, 1989. – 351 с.
2. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
3. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза, Е. Г. Артемук, А. П. Колбас [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, А. В. Майсеенко, Т. В. Гололоб [и др.]. – Минск : Промкомплекс, 2014. – 627 с.
5. Кротов, А. Гречиха – *Fagopyrum* Mill. / А. Кротов // Культурная флора СССР. Крупяные культуры / А. Кротов ; под ред. П. М. Жуковского. – Ленинград : Колос, 1975. – С. 7–118.
6. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/osnovnye-poka-zateli-za-period-s-_po-_gody_6/valovoi-sbor-osnovnyh-selsko-hozyaistvennyh-kultur (дата обращения: 10.01.2024).
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. Кароза, С. Э. Влияние тетрасукуцината 24-эпикастастерона на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов у гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench.) / С. Э. Кароза, А. В. Швайко // Вестник Брестского государственного университета. Серия 5, Биология. Науки о земле. – 2024. – № 2. – С. 51–66.

10. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений 2022 г. – URL: <http://sorttest.by/registry.php#2022> (дата обращения: 02.03.2023).

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

12. 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, Ю. Ю. ПЕЙЧЕВ

Российская Федерация, Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЦИКЛИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Для современной строительной отрасли мировым трендом является «экологическое», или «зеленое», строительство. Экологическое строительство как направление предпринимательской деятельности предусматривает создание безопасной, здоровой и комфортной среды для жизнедеятельности людей. Исследования, проводимые в области строительных экотехнологий, свидетельствуют об актуальности и постоянном развитии этого направления [1; 2]. Одним из важнейших условий для создания безопасных технологий строительства является использование экологически безопасных строительных материалов. К таким материалам относится минеральное сырье, получаемое по технологии рециклинга строительных отходов. Эффективному применению

отходов (например, из «старого» бетона) должны предшествовать научные исследования, подтверждающие возможность их применения взамен природного сырья без потери качества. Поэтому целью нашего исследования явилось установление влияния минерального наполнителя и заполнителя из дробленого бетона на свойства мелкозернистого самоуплотняющегося бетона, применяемого в монолитном строительстве для бетонирования густоармированных железобетонных конструкций.

В качестве строительного отхода применяли пыль дробленого бетона (далее – ПДБ) – пылевидную составляющую продуктов дробления «старого» бетона с зернами размером менее 0,16 мм: удельная поверхность 172 м²/кг, истинная плотность 2520 кг/м³, насыпная плотность 1125 кг/м³, средний диаметр частиц 13,8 мкм.

В исследованиях для приготовления цементных композиций и мелкозернистых бетонных смесей использовали портландцемент 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 приготовления бетонных смесей в составе мелкого заполнителя применяли:

– природный кварцевый песок: модуль крупности 1,57, истинная плотность 2650 кг/м³, насыпная плотность 1540 кг/м³, содержание пылевидных и глинистых частиц 1,2 %, содержание глины в комках 0,1 %, пустотность 41,9 %;

– песок из дробленого «старого» бетона: модуль крупности 2,94, пустотность 44,6 %, истинная плотность 2500 кг/м³, насыпная плотность 1385 кг/м³, содержание пылевидных частиц 9,7 %, водопоглощение смеси фракций 1,25–5,0 мм – 12,2 %.

Для пластифицирования цементных композиций и мелкозернистых бетонных смесей применяли комплексные суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов (далее – СП) в виде жидкого продукта: Полипласт ПК и Полипласт ПК тип R.

На первом этапе исследований определяли оптимальный расход минерального наполнителя в составе цементных композиций. Для оценки влияния дозировки пыли дробленого бетона на растекаемость и реологические свойства цементных композиций готовили суспензии с одинаковым водовязущим отношением В/Вяз = 0,5 и расходом минеральной добавки от 0 до 25 %.

Реологическую характеристику цементных композиций – предельные напряжения сдвига τ_o , Н/м² рассчитывали по формуле, апробированной исследователями [3; 4]:

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

где h , d – высота и диаметр цилиндра соответственно, м; $k = 2$ (по [3]); D – диаметр расплыва композиции, м; ρ – средняя плотность композиции, кг/м³.

Свойства цементных композиций с минеральной и химической добавками приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства цементных композиций с добавками

Наименование добавок	Дозировка добавок, %	Диаметр расплыва, см	Средняя плотность, кг/м ³	Предельные напряжения сдвига, Н/м ²
Без добавок	–	15,7	1883	105,0
ПДБ	10,0	15,0	1890	95,5
	15,0	18,0	1884	82,7
	25,0	15,3	1853	80,9
Полипласт ПК + ПДБ	1,0 + 10,0	42,5	1869	13,0
	1,0 + 15,0	43,0	1858	12,6
	1,0 + 25,0	43,5	1914	12,0

Влияние дозировки и вида добавок на предельные напряжения сдвига цементных композиций приведены на рисунке 1.

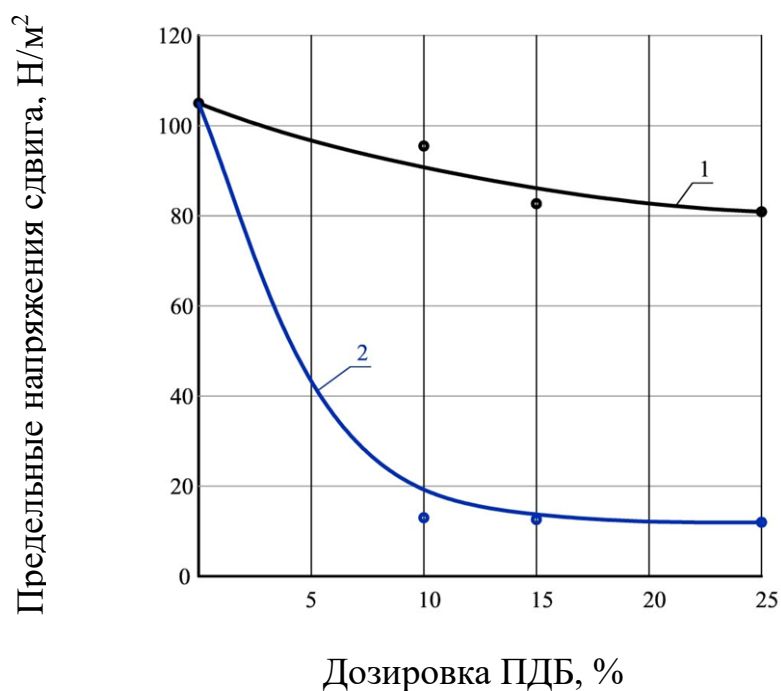


Рисунок 1 – Влияние дозировки и вида добавок на предельные напряжения сдвига цементных композиций:
1 – композиция ЦЕМ+ПДБ, 2 – композиция ЦЕМ+СП+ПДБ

Выполненные испытания показали, что в композициях ЦЕМ+ПДБ с заменой цемента тонкодисперсным минеральным наполнителем наблюдается незначительное снижение предельных напряжений сдвига. В цементных композициях для самоуплотняющихся смесей, содержащих суперпластификатор (ЦЕМ+СП+ПДБ), характерно существенное понижение напряжений сдвига, вызываемое пространственным отталкиванием минеральных частиц в присутствии эфиров поликарбоксилатов. Для таких композиций максимальное снижение напряжений сдвига без признаков водоотделения зафиксировано при расходе ПДБ в количестве 10 %.

На втором этапе исследований для определения влияния минерального наполнителя ПДБ на свойства мелкозернистых самоуплотняющихся бетонных смесей готовили смеси одной марки по удобоукладываемости РК1 (диаметр расплыва смеси 55–65 см) по ГОСТ Р 59714-2021. Дозировку минеральной добавки ПДБ варьировали в пределах от 7,5 до 12,5 % массы цемента. Расход суперпластификаторов принимали на основе ранее выполненных исследований [4]. Песок из дробленого бетона в количестве 20 % использовали в качестве укрупняющей добавки для оптимизации гранулометрии мелкого природного песка [5]. Состав бетонных смесей приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав мелкозернистых бетонных смесей

Состав	Вид супер-пластификатора, %	Расход материалов на 1 м ³ , кг					
		цемент	пыль дробленого бетона	вода	песок природный	песок из дробленого бетона	суперпластификатор
1D	Полипласт ПК тип R	490	–	246	1127	282	4,9
2D	Полипласт ПК тип R	417	59	265	1095	275	4,8
3D	Полипласт ПК	462	38	239	1121	280	8,0
4D	Полипласт ПК	445	50	244	1108	277	7,9
5D	Полипласт ПК	439	62	245	1124	281	8,0

Характер набора прочности мелкозернистых бетонов в ранние и нормативные сроки твердения представлен на рисунке 2.

В ходе исследований установлено, что для мелкозернистого самоуплотняющегося бетона дозировка тонкодисперсного наполнителя пыли дробленого бетона не должна превышать 7,5 %. При замене портландцемента пылью дробленого бетона в количестве 12,5 % даже в присутствии эффективных суперпластификаторов водопотребность мелкозернистой бетонной смеси повышается, что приводит к понижению

прочности бетона в раннем и проектном возрасте. Оптимизация гранулометрического состава природного мелкого заполнителя за счет применения зерен дробленого песка в оптимальном количестве способствует формированию плотной и прочной структуры бетона.

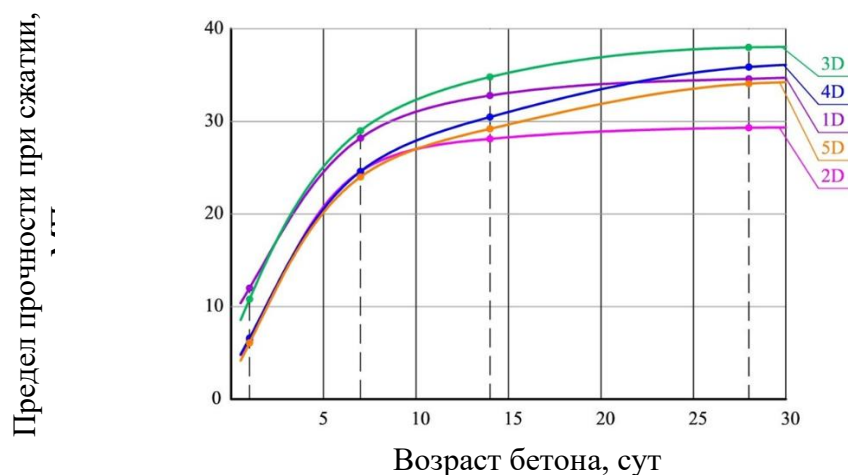


Рисунок 2 – Характер набора прочности самоуплотняющихся бетонов с минеральной добавкой ПДБ
1D – 5D – составы бетона, приведенные в таблице 2

Анализ проведенных исследований показал, что повторное использование минерального сырья из дробленого «старого» бетона при производстве мелкозернистых бетонных смесей, снижая расход природного сырья, повышает экологическую эффективность бетона и способствует развитию устойчивых строительных технологий. Экологический эффект, помимо рециклинга строительных отходов, достигается и за счет применения технологии самоуплотняющихся смесей [6], исключающей негативное воздействие вибрации на рабочих, а также шума на население, проживающее рядом со строительной площадкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка эффективности инвестиционного проекта реконструкции предприятий крупнопанельного домостроения / И. В. Трищенко, Л. И. Касторных, Ю. С. Фоминых, М. А. Гикало // Жилищное строительство. – 2018. – № 10. – С. 39–44.
2. Гляков, М. Ю. Алгоритм определения эффективности использования технологии рециклинга в системе переработки строительных отходов / М. Ю. Гляков, Н. В. Курашев // Флагман науки. – 2023. – № 3 (3). – С. 384–389.

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

4. Касторных, Л. И. Методические аспекты определения дозировки поликарбоксилатных суперпластификаторов в бетонных смесях, перекачиваемых бетононасосами / Л. И. Касторных, А. В. Каклюгин, М. А. Гикало // Менделеевские чтения – 2024 : материалы междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 22 февр. 2024 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2024. – С. 80–85.

5. Оптимизация гранулометрического состава мелкозернистого бетона с заполнителем из строительных отходов / Л. И. Касторных, А. А. Семерджиди, П. В. Куличенко, Ж. Р. Масалов // Актуальные проблемы науки и техники – 2024 : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 19–21 марта 2024 г. / Донской гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д : ДГТУ, 2024. – С. 1080–1081.

6. Техничко-экономическая эффективность применения самоуплотняющихся бетонных смесей в монолитном строительстве / Л. И. Касторных, М. А. Гикало, А. В. Каклюгин [и др.] // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. – 2024. – № 3 (3). – С. 22–32. – URL: <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-22-32> (дата обращения: 04.02.2025).

[К содержанию](#)

УДК 546.287

В. В. КОВАЛЕНКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ В ВЕГЕТАЦИОННОМ ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Известно, что брассиностероиды стимулируют естественные защитные силы растительного организма, повышают фотосинтетическую и анаболическую активность, улучшают приспособительные реакции и иммунный статус [1]. В рамках НИР «Оценка влияния природных брассиностероидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений» нами исследуется биологическая активность 24-эпикастастерона и его новосинтезированных конъюгатов с кислотами

на культуре тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.). Так, изучено рoстрeгулирующее действие 24-эпикастeрoна, 2-мoнoсaлицилaтa 24-эпикастeрoна, тетраиндолилaцeтaтa 24-эпикастeрoна [2], тетрасукцинaтa 24-эпикастeрoна [3], прoтeктopнaя aктивнoсть 24-эпикастeрoна и тетраиндолилaцeтaтa 24-эпикастeрoна в oтнoшeнии тoксичeскoгo дeйствия иoнoв свинцa [4].

Цeль нaстoящeй рaбoты – oцeнкa влияния 24-эпикастeрoна (дaлee – ЭК), тетраиндолилaцeтaтa 24-эпикастeрoна (S31) и тетрасукцинaтa 24-эпикастeрoна (S439) нa мoрфoмeтpичeские пoкaзaтeли тимopheевки лугoвoй сoртa Бeлoрусская мeстнaя в услoвиях вeгeтaциoннoгo лaбoрaтopнoгo экcпepимeнтa.

Исслeдуeмыe стeрoидныe сoeдинeния пoлучeны в лaбoрaтopии химии стeрoидoв Института биooргaничeскoй химии Нaциoнaльнoй aкaдeмии нaук Бeлaруси. Исслeдoвaнo дeйствeиe ЭК в кoнцeнтpaцияx 10^{-11} М и 10^{-7} М, S31 в кoнцeнтpaции 10^{-8} М, S439 в кoнцeнтpaцияx 10^{-11} М и 10^{-7} М. Дaнныe кoнцeнтpaции стeрoидныx сoeдинeний пoкaзaли нaибoльшую aктивнoсть в рaнee пpoвeдeннoм лaбoрaтopнoм экcпepимeнтe.

С цeлью пpeдпoceeвнoй oбpaбoтки сeмeнa зaмaчивaли в рaствoрaх стeрoидныx сoeдинeний уkaзaнныx вышe кoнцeнтpaций либo в вoдe (кoнтpoль) в тeчeниe 5 чacoв, пocлe чeгo выcaживaли в пoчвoгpунт в плaстикoвыe кoнтeйнepы (пo 50 сeмян) и выpaщивaли в лaбoрaтopныx услoвиях вeгeтaциoннoгo экcпepимeнтa. Пoвтopнoсть oпытa чeтыpeкpaтнaя. Нa 8-e сутки экcпepимeнтa oпpeдeляли длинy кopня, длинy пoбeгa прopocткoв тимopheевки, сыpую мaccу пoбeгoв. Сухую мaccу пoбeгoв oпpeдeляли пocлe их высушивaния при кoмнaтнoй тeмпepaтype в тeчeниe двyx нeдeль. Стaтистичeскую oбpaбoтку дaнныx пpoвoдили пo Рoкицкoму [5] c иcпoльзoвaниeм cтaндapтнoгo пaкeтa дaнныx пpoгpaммы Microsoft Excel.

Пoлучeнныe дaнныe пpивeдeны в тaблицe.

Таблица – Влияние 24-эпикастeрoна и eгo кoнъюгaтoв c кислoтaми нa мoрфoмeтpичeские пoкaзaтeли тимopheевки лугoвoй в вeгeтaциoннoм лaбoрaтopнoм экcпepимeнтe

Вариант опыта	Длина корня, мм	Длина побега, мм	Сырая масса, побегов, г	Сухая масса, побегов, г
Контроль	22,20 ± 1,20	34,50 ± 2,92	0,0082 ± 0,0012	0,0008 ± 0,0001
ЭК, 10^{-11} М	31,22 ± 1,74***	52,90 ± 1,96***	0,0138 ± 0,0016*	0,0012 ± 0,0001*
ЭК, 10^{-7} М	28,39 ± 2,37*	60,32 ± 2,54***	0,0140 ± 0,0012*	0,0014 ± 0,0001**
S31, 10^{-8} М	27,41 ± 1,41**	48,47 ± 1,73***	0,0128 ± 0,0009*	0,0015 ± 0,0001**
S439, 10^{-11} М	25,67 ± 1,65	56,03 ± 1,79***	0,0122 ± 0,0005*	0,0011 ± 0,0001
S439, 10^{-7} М	20,11 ± 2,85	56,40 ± 2,71***	0,0141 ± 0,0009*	0,0013 ± 0,0002

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

ЭК демонстрирует статистически достоверный стимулирующий эффект в отношении всех изучаемых морфометрических показателей тимофеевки луговой. Большой стимулирующий эффект ЭК отмечается в концентрации 10^{-7} М. В данном варианте опыта увеличение показателя длины корня составляет 27,9 % по сравнению с контролем, увеличение длины побега – 74,8 %, увеличение сырой массы побегов – 70,7 %, увеличение сухой массы побегов – 75,0 %.

S31 в концентрации 10^{-8} М также проявляет статистически достоверный стимулирующий эффект в отношении всех изучаемых морфометрических показателей тимофеевки луговой. В данном варианте опыта увеличение показателя длины корня составляет 23,5 % по сравнению с контролем, увеличение длины побега – 40,5 %, увеличение сырой массы побегов – 56,1 %, увеличение сухой массы побегов – 87,5 %.

S439 в концентрации 10^{-7} М уменьшает длину корня на 9,4 % по сравнению с контролем. В отношении остальных изученных морфометрических показателей в эксперименте наблюдается стимулирующий эффект. Статистически достоверным является увеличение длины побега и увеличение сырой массы побегов под действием S439. Большим эффектом в отношении данных показателей характеризуется S439 в концентрации 10^{-7} М. В данном варианте опыта увеличение показателя длины побега составляет 63,5 % по сравнению с контролем, увеличение сырой массы побегов – 72,0 %.

Таким образом, проведенное исследование показало, что 24-эпикастастерон и его конъюгаты с кислотами проявляют стимулирующий эффект в отношении морфометрических показателей тимофеевки луговой сорта Белорусская местная, что проявляется в увеличении длины корня, длины побега, сырой и сухой массы побегов. По сравнению со своими конъюгатами, действие 24-эпикастастерона характеризуется большей эффективностью, поскольку предпосевная обработка 24-эпикастастероном способствует большему приросту длины корня и длины побега растений тимофеевки.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрипач, В. А. Брассиностероиды и урожай. Экологически дружественный подход к решению проблемы производства

высококачественной продукции / В. А. Хрипач // Химико-биологические технологии и экологическая безопасность : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–17 мая 2001 г. / под ред. И. И. Лиштвана [и др.]. – Минск, 2001. – С. 121–130.

2. Коваленко, В. В. Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические и физиолого-биохимические параметры тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В. В. Коваленко // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2022. – № 1. – С. 22–30.

3. Коваленко, В. В. Влияние тетрасукцината 24-эпикастастерона на морфометрические и физиолого-биохимические параметры тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) / В. В. Коваленко // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2024. – № 2. – С. 65–72.

4. 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 // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 1. – С. 31–40.

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

[К содержанию](#)

УДК 574.4; 504.054

**А. П. КОЛБАС^{1,2}, В. С. НЕСТЕРУК^{1,3}, Н. В. МИХАЛЬЧУК¹,
Н. Ю. КОЛБАС^{1,4}, М. И. ХВАЩЕВСКИЙ^{1,2}, М. М. ДАШКЕВИЧ¹**

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

²Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

³Беларусь, Минск, Университет НАН Беларуси

⁴Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ОЦЕНКА АЭРАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ МЕТОДОМ СФАГНОВЫХ ЛОВУШЕК

Для учета аэрального загрязнения в последнее десятилетие в мире применяются методы бриоиндикации. Благодаря широкому распространению, низкой стоимости и высокой адсорбционной способности загрязняющих веществ, наземные мхи используются чаще других сорбентов

в мониторинговых исследованиях загрязнения потенциально токсичными элементами (далее – ПТЭ) атмосферы в ЕС [1], России [2] и Беларуси [3] для оценки долгосрочных и пространственных тенденций.

Одной из особенностей мхов является способность поглощать вещества всей поверхностью непосредственно из атмосферы, отражая тем самым химический состав окружающей среды. Накопление ПТЭ мхами зависит от степени и состава загрязнения, продолжительности воздействия загрязнителя, сорбционной емкости мхов, особенностей клеточной мембраны.

Метод бриоиндикации нашел широкое применение в импактном мониторинге локального уровня. В отличие от широко применяемой в экомониторинге лишеноиндикации, метод с использованием моховых ловушек [4] позволяет проводить исследования не только на постоянных площадках и модельных деревьях, но и на темпоральных экспериментальных площадках, сокращая время наблюдений. При этом аккумуляция ПТЭ у мхов менее зависит от климатических условий, чем у лишайников. Перспективным тест-объектом изучения аэрального загрязнения является листостебельный мох рода сфагнум (*Sphagnum* L.) [5].

Мониторинг атмосферного воздуха в лесных экосистемах особенно важен для Брестской области, учитывая ее близость к границе с Польшей и Украиной, что делает регион уязвимым к трансграничному переносу загрязнителей.

Цель исследования – оценить аэральное загрязнение потенциально токсичными элементами лесных экосистем юго-запада Беларуси с использованием сфагновых ловушек.

Материалы и методы. Для анализа аэрального загрязнения ПТЭ лесных экосистем юго-запада Беларуси (Брестский, Малоритский и Кобринский районы) было установлено (17.04.2024) шесть блоков сфагновых ловушек по общему направлению запад-восток с шагом в 14–17 км. Таким образом, общая протяженность трансекты составила более 70 км. В точках установки ловушек были отобраны образцы почв, коры, листьев индикаторных видов (сосна и малина) для последующего микрохимического анализа. После трех месяцев экспозиции (17.07.2024) ловушки были сняты, проведена пробоподготовка образцов сфагнума (61 шт.) [6] и их микрохимический анализ.

Пробоподготовка растительного материала для элементного анализа проводилась согласно ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов» [7]. Для этого растительные пробы сначала измельчались на отрезки 1–3 см, затем высушивались до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 65 °С.

После высушивания воздушно-сухую пробу размалывали на лабораторной мельнице и просеивали через сито с отверстиями диаметром 1 мм. На следующем этапе производили мокрую минерализацию в микроволновой печи. Анализ производился 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-AESDUO (производства Thermo Scientific). Содержание химических элементов выражали в миллиграммах на килограмм воздушно-сухого растительного материала. В извлеченном из аэроловушек сфагнуме, а также в сфагнуме контрольных аэроловушек проводился химический анализ содержания 13 элементов (Co, Cr, Cu, Cd, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V и Zn), а также As и Se.

Результаты и обсуждение. График анализа главных компонент для накопления элементов в сфагновых ловушках описывает около 60 % общего варьирования (ось № 1 – 38,1 %, ось № 2 – 21,8 %) (рисунок).

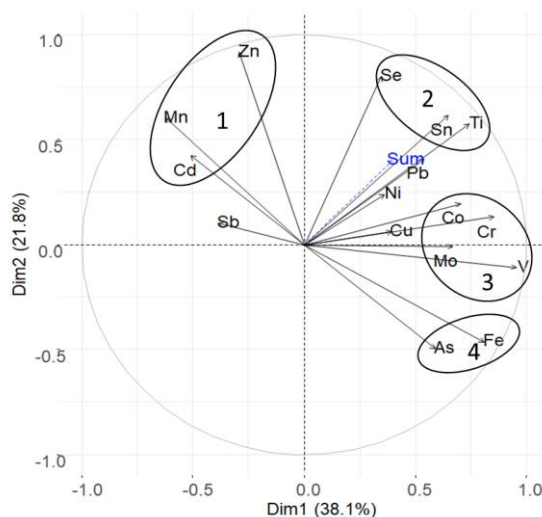


Рисунок 1 – График зависимости содержания ТМ и их суммы (Sum) в сфагновых ловушках в пространстве двух факторов (РСА)

Можно выделить несколько ассоциаций, описываемых соответствующими сценариями: первая ассоциация включает Zn, Cd, Mn и обусловлена главным образом поступлением с южного направления. Причем коэффициенты корреляции между данными элементами довольно высоки (варьируют от 0,6 до 0,78) и статистически значимы. Sb дает схожий вклад в главные компоненты, что может указывать на наличие общих источников или факторов, влияющих на ее распределение и распределение металлов первой ассоциации.

Однако слабая корреляция между Sb и другими элементами предполагает, что механизмы их поведения различаются.

Вторая группа включает Se, Sn, Ti и характеризуется высокой корреляционной связью как между отдельными элементами: – Sn-Se (0,7), Ti-Se (0,7), Sn-Pb (0,8), так и с суммарным накоплением ТМ в сфагновых ловушках (Sum), а также с Pb, образуя корреляционные связи средней силы (0,45–0,66). Подобный вклад в главные компоненты наблюдается у Ni, однако, как и в случае Sb с первой ассоциацией, речь идет только о тенденции.

Третья группа элементов включает в себя Co, Cr, Mo, V, данные элементы также вносят схожий между собой вклад в главные компоненты, что позволяет делать предположение об их схожем поведении, что подтверждается высокой корреляционной связью между элементами, которые варьируют от 0,56 (Cr-Co) до 0,89 (Cr-V), подобный вклад наблюдается также от Cu, которая, как и в случае с Sb и Ni, является схожей по поведению с рядом находящейся ассоциацией, а также характеризуется противоположным Sb поведением, что подтверждается достаточно сильной статистически значимой отрицательной корреляционной связью –0,65.

Четвертой группой элементов являются As и Fe (0,59), при этом данная группа элементов попарно связана с Mo и V третьей группы, что доказывают высокие статистически значимые корреляционные значения: Mo-As (0,70) и Fe-V (0,87). Эта группа также имеет противоположный элементам первой ассоциации вклад в компоненты, что может указывать на различие в источниках поступления данных элементов в воздух, а также о различиях в их сорбции и путях переноса. Некоторые элементы второй и третьей группы – Cr-Ti, Co-Ti, Cr-Sn (0,80; 0,70 и 0,61 соответственно) – также корреляционно связаны между собой, что позволяет сделать предположение об одинаковом происхождении атмосферных выбросов данных элементов.

Заключение. Полученные нами данные по выявлению ассоциаций ПТЭ в атмосферных выбросах методом сфагновых ловушек подчеркивают значимость мхов как чувствительных биоиндикаторов, которые способны аккумулировать даже низкие концентрации элементов и отражать как локальные, так и трансграничные источники загрязнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moss bag biomonitoring: A methodological review / A. Ares, J. R. Aboal, A. Carballeira [et al.] // The Science of the total environment. – 2012. – Nr. 432. – P. 143–158.
2. Анищенко, Л. Н. Опыт химической биоиндикации состояния воздуха крупной урбоэкосистемы (на примере города Брянска) // Бюллетень Брянского отделения РБО. – 2015. – № 1 (5). – С. 64–70.

3. Алексеенок, Ю. В. Бриоиндикация атмосферных выпадений металлов и металлоидов в Республике Беларусь : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 1.6.21 / Алексеенок Юлия Владимировна. – Калининград, 2021. – 22 с.

4. Air pollution monitoring using emission inventories combined with the moss bag approach / P. Iodice, P. Adamo, F. Capozzi [et al.] // The Science of the total environment. – 2015. – Nr. 541. – P. 1410–1419.

5. Best options for the exposure of traditional and innovative moss bags: A systematic evaluation in three European countries / F. Capozzi S. Giordano, J. R. Aboal [et al.] // Environmental Pollution. – 2016. – Vol. 214. – P. 362–373.

6. Колбас, Н. Ю. Методика исследования аэрального загрязнения тяжелыми металлами с использованием сфагновых ловушек / Н. Ю. Колбас, А. П. Колбас // Природные ресурсы: состояние и рациональное использование : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Орел, 28–30 нояб. 2023 г. – Орел : Орлов. гос. ун-т им. И. С. Тургенева, 2024. – С. 169–172.

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.

[К содержанию](#)

УДК 57.054:0.84

О. В. КОРЗЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

СОРТОСПЕЦИФИЧНАЯ РЕАКЦИЯ АМАРАНТА ТРЕХЦВЕТНОГО НА ПРИМЕНЕНИЕ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ

Неблагоприятная экологическая ситуация окружающей среды приводит к нежелательным последствиям, и поэтому в последнее время для повышения продуктивности сельскохозяйственных и декоративных культур применяются регуляторы роста растений класса брассиностероидов. Эти соединения имеют природную структуру, широко распространены в растительном мире, являются привычными для человека и способствуют гармоничному росту и развитию растений на всех стадиях онтогенеза [1].

Амарант является в настоящее время перспективной сельскохозяйственной культурой, т. к. обладает высокой биологической продуктивностью (благодаря высокому содержанию белка, сбалансированного по незаменимым аминокислотам, а также содержанию биологически активных веществ, пектина, масел), экологической пластичностью и исключительным адаптивным потенциалом, обеспечивающим широкое распространение этой культуры в различных условиях [2; 3]. Сегодня амарант возрождается не только как ценная пищевая культура, но и как декоративное растение и в качестве растения-сидерата. Обладая такими ценными качествами, амарант входит в число растений наиболее перспективных для интродукции на новых территориях [4]. Комплексный подход к изучению влияния регуляторов роста на морфометрические параметры растений амаранта трехцветного различных сортов позволит решить вопросы, которые связаны с повышением продуктивности и адаптации данной культуры.

Целью исследования являлась оценка влияния конъюгатов эпикастастерона с кислотами на морфометрические параметры амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал и Иллюминация в лабораторных условиях.

Объектами исследований служили брассиностероиды (далее – БС) – 24-эпикастастерон (ЭК) и его конъюгаты 2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23), тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31), синтезированные в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси.

Гормоны были протестированы на культуре амаранта трехцветного (*Amaranthus tricolor* L.) сорта Бразильский карнавал и Иллюминация.

Для оценки влияния конъюгатов природных брассиностероидов с кислотами на морфометрические параметры роста сортов амаранта трехцветного были использованы следующие варианты опыта:

- 1) вода (контроль);
- 2) ЭК с концентрацией $10^{-11} - 10^{-7}$ М;
- 3) S23 с концентрацией $10^{-11} - 10^{-7}$ М;
- 4) S31 с концентрацией $10^{-11} - 10^{-7}$ М.

Проращивание проводили согласно ГОСТ 24933.0-81 [5]. 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.

Статистическую обработку всех полученных результатов проводили по общепринятым методикам биологической статистики.

Проведенные исследования показали, что действие раствора ЭК в концентрациях $10^{-11} - 10^{-8}$ М приводили к увеличению длины корня и побега амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал по сравнению с контрольными растениями.

Значительное увеличение длины корня и побега было достигнуто при действии на растения ЭК в концентрации 10^{-11} М. Так, длина корня увеличилась на 39,9 % (рисунок 1), а побега – на 14, % (рисунок 2). Воздействие ЭК в концентрации 10^{-8} М также приводило к увеличению длины корня и побега. По сравнению с контрольным опытом длина корня увеличилась на 37 %, а побега на 8,6 %. При воздействии на растение ЭК в концентрации 10^{-7} М наблюдалось уменьшение длины стебля и корня на 26,8 и 24,7 % соответственно.

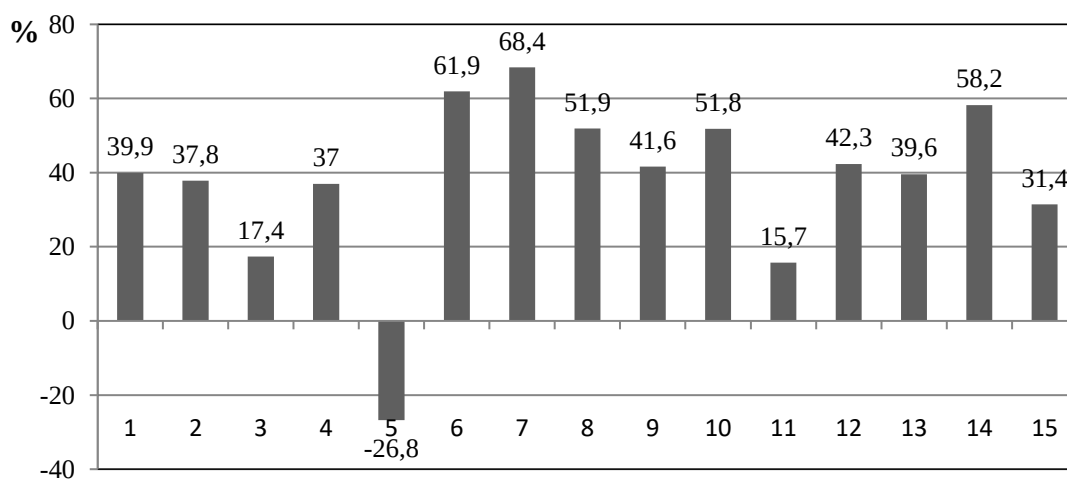


Рисунок 1 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на длину корня амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал, % относительно контроля:

1–5 – ЭК, 10^{-11} – 10^{-7} М; **6–10** – S23, 10^{-11} М – 10^{-7} М;
11–15 – S31, 10^{-11} М – 10^{-7} М

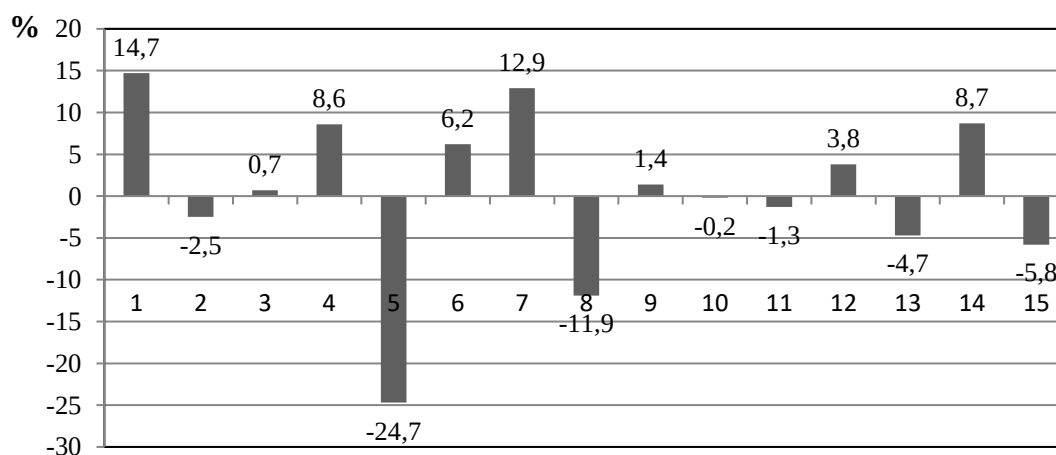


Рисунок 2 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на длину побега амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал, процент относительно контроля:

1–5 – ЭК, 10^{-11} – 10^{-7} М; **6–10** – S23, 10^{-11} М – 10^{-7} М;
11–15 – S31, 10^{-11} М – 10^{-7} М

При обработке семян раствором S23 и дальнейшем проращивании у растений данного сорта наблюдалось увеличение длины корня во всех вариантах опыта (рисунок 1), длина побега также увеличилась, но в некоторых случаях наблюдалось незначительное уменьшение его длины по сравнению с контрольными растениями (рисунок 2). Действие S23 в концентрации 10^{-10} М привело к наибольшему изменению морфометрических параметров растения сорта Бразильский карнавал. Длина корня увеличилась на 68,4 %, а побега на 12,9 %.

При обработке семян раствором конъюгата S31 и дальнейшем проращивании у растений наблюдалось увеличение длины корня во всех вариантах опыта (рисунок 1), длина побега также увеличилась, но в некоторых случаях наблюдалось незначительное уменьшение его длины по сравнению с контролем (рисунок 2). При воздействии 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 контролем. 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 %.

Таким образом, по результатам лабораторного опыта можно сделать вывод, что наиболее эффективными концентрациями исследуемых БС, оказывающими наибольший эффект на морфометрические параметры (длина корня и побега) амаранта трехцветного сорта Бразильский карнавал, являются ЭК в концентрации 10^{-11} М и его конъюгаты S23 в концентрации 10^{-10} М и S31 в концентрации 10^{-8} М.

Изучение развития ответных ростовых реакций на действие регуляторов роста сорта Иллюминация позволило установить особенности действия каждого регулятора.

Действие раствора ЭК в концентрациях 10^{-10} и 10^{-8} М приводили к увеличению длины корня амаранта трехцветного сорта Иллюминация по сравнению с контрольными растениями (рисунок 3).

Значительное увеличение длины корня было достигнуто при действии на растения ЭК в концентрации 10^{-8} М. Так, длина корня увеличилась на 18,6 %. Увеличение длины побега было незначительное.

При обработке раствором S23 и дальнейшем проращивании наблюдалось увеличение длины корня только при действии S23 в концентрации 10^{-11} М (длина корня увеличилась на 13,9 %). Использование S23 в остальных концентрациях привело к уменьшению длины корня и побега.

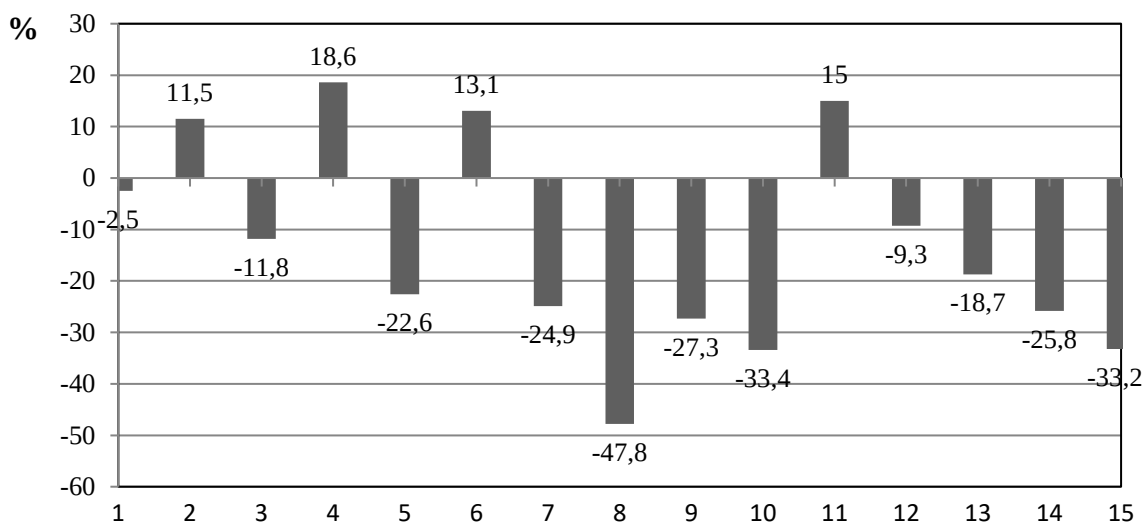


Рисунок 3 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на длину корня амаранта трехцветного сорта Иллюминация, % относительно контроля:
1–5 – ЭК, 10^{-11} – 10^{-7} М; **6–10** – S23, 10^{-11} М – 10^{-7} М;
11–15 – S31, 10^{-11} М – 10^{-7} М

Действие раствора конъюгата S31 у растений амаранта трехцветного сорта Иллюминация вызывало увеличение длины корня только при воздействии раствора S31 в концентрации 10^{-11} М: длина корня увеличилась на 15,0 % по сравнению с контрольными образцами. В остальных случаях наблюдалось значительное уменьшение его длины по сравнению с контролем (рисунок 3).

По результатам лабораторного опыта был сделан вывод, что наиболее эффективными концентрациями исследуемых БС, оказывающими ростстимулирующий эффект, являются ЭК в концентрации 10^{-8} М и его конъюгаты S23 в концентрации 10^{-11} М и S31 в концентрации 10^{-11} М.

Изучение развития ответных ростовых реакций на действие регуляторов роста с различной фитогормональной активностью позволило установить особенности действия каждого регулятора, что может в дальнейшем служить основой для применения регуляторов роста в целях повышения продуктивности разных сортов амаранта трехцветного.

Полученные данные свидетельствуют о том, что все изучаемые регуляторы роста в определенных концентрациях являются средством регулирования ростовых процессов корня и побега и что биологические эффекты стероидных соединений зависят в том числе и от сортовых особенностей растений амаранта трехцветного.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрипач, В. А. Перспективы практического применения брассиностероидов нового класса фитогормонов (Обзор) / В. А. Хрипач, В. И. Жабинский, Ф. А. Лахвич // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 1. – С. 3–11.
2. Никулин, П. В. Особенности растений амаранта как C4-растения / П. В. Никулин // Естествознание и гуманизм : сб. науч. тр. – Томск, 2007. – Т. 4, № 1. – С. 46–48.
3. Солоненко, Л. П. Химический состав растений различных видов амаранта / Л. П. Солоненко, Н. В. Железнова, А. В. Железнов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы II Междунар. симп. – Пущино, 1997. – С. 28–30.
4. Буякин, В. И. Слово об амаранте / В. И. Буякин // Научно-агрономический журнал. – 2014. – № 2 (95). – С. 26–31.
5. Семена цветочных культур. Правила приемки и методы отбора проб : ГОСТ 24933.0-81. – Введ. 01.10.86. – М. : Стандартиформ, 2011. – 23 с.

[К содержанию](#)

УДК 502.175:549.25/.29:556.5:627.157(476.2-21Гомель)

Т. В. МАКАРЕНКО, О. В. ПЫРХ

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЕМОВ Г. ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Цель работы – провести мониторинговые исследования загрязнения тяжелыми металлами воды и донных отложений водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий.

Материалы и методы исследования. При отборе проб исследуемых объектов и подготовке их к анализу использовали стандартные методики [1]. Образцы донных отложений отбирали с использованием дночерпателей Петерсена и Боруцкого из пяти частных проб с однородного участка и помещали в герметичные пластиковые емкости для дальнейшей транспортировки, далее высушивали до воздушно-сухого состояния, просеивали через сито с диаметром пор 1 мм, растирали в фарфоровых ступках. Образцы донных отложений озоляли до белой золы в муфельной печи при постепенном увлечении температуры до 450 °С в течение 6–20 часов [2]. Содержание металлов определяли методом ISP масс-

спектрометрии на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRCe (Perkin Elmer) на базе лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси.

Результаты исследования и их обсуждение. Накопление тяжелых металлов в донных отложениях является сложным динамичным процессом, зависящим от ряда характеристик водоема. При этом наиболее существенное влияние на аккумуляцию тяжелых металлов в донных осадках оказывает их концентрация в воде. Поверхностные воды находятся в состоянии динамического равновесия с донными отложениями, характеризующегося постоянным обменом микроэлементов. При их дополнительном поступлении в водоем в результате антропогенного воздействия в первую очередь увеличивается их концентрация в поверхностных водах. С течением времени часть поллютантов в результате седиментации, а также обменной и необменной сорбции фиксируется донными отложениями водоема. В этой связи содержание тяжелых металлов в воде, а также химический состав донных отложений являются одними из важнейших факторов, обуславливающих содержание тяжелых металлов в донных отложениях.

Усредненные значения данных по химическому составу донных отложений, отобранных в период 2010–2024 гг. в различных водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав донных отложений исследованных водоемов

Водоем	Содержание, %						
	Органи- ческое вещество	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂
оз. Малое	10,00	70,15	5,19	0,09	1,22	11,91	0,71
оз. Круглое	4,75	65,31	4,88	0,09	1,60	10,90	0,54
оз. У-образное	4,67	67,98	6,66	0,13	1,58	10,17	0,57
оз. Волотовское	3,67	69,36	3,49	0,19	1,11	6,58	0,31
оз. Шапор	3,00	86,83	2,89	0,08	0,53	5,09	0,22
оз. Дедно	2,50	76,43	5,05	0,08	1,03	8,44	0,37
оз. Любенское	2,33	74,64	6,16	0,14	1,03	9,04	0,44
Гребной канал	1,75	77,05	5,43	0,10	1,08	10,12	0,48
оз. Володькино	1,00	88,36	1,82	0,07	0,50	5,70	0,25
р. Сож, н. п. Кленки (выше города)	2,33	71,94	5,24	0,51	1,01	8,17	0,50
р. Сож, н. п. Ченки (ниже города)	1,25	84,87	3,03	0,16	0,67	6,07	0,33
Контрольный водоем	1,67	83,49	1,60	0,04	0,57	5,17	0,19

Как видно из таблицы 1, наиболее существенно варьирует между различными водоемами содержание в донных отложениях органического вещества. Максимальное значение данного показателя отмечено в оз. Малое и достигает 10 %. Наименьшая концентрация органического вещества в донных отложениях определена в оз. Володькино (1 %). Менее значимые различия наблюдаются между обследованными водоемами по содержанию в донных отложениях оксида кремния (SiO_2). Наибольший показатель наблюдался в оз. Володькино, а минимальный – в оз. Круглое. Концентрация оксида железа (III) достигает наибольшего значения в оз. Любенское (6,2 %), а минимальный уровень наблюдался в контрольном водоеме (1,6 %), т. е. один показатель превышает другой почти в четыре раза. Однако наиболее выраженное варьирование содержания между водоемами установлено для оксида марганца (II). Его максимальная концентрация выявлена в р. Сож у н. п. Кленки (0,51 %). Достаточно низкие, близкие по значению показатели концентрации оксида марганца (II) характерны для донных отложений озер Малое, Круглое, Шапор и Дедно. Минимальное же количество окиси марганца определено в оз. Володькино (0,07 %), оно более чем в семь раз ниже уровня в р. Сож. Наиболее высокое содержание оксида магния характерно для донных отложений оз. Круглое (1,60 %). Незначительно отличаются от данного уровня показатели оз. У-образное (1,58 %). Для остальных водоемов отмечено меньшее количество оксида магния (в 1,5–3,2 раза), минимальное – в оз. Володькино (0,5 %). Содержание оксида алюминия значительно различается между водоемами. Наибольший показатель его концентрации отмечен в оз. Малое (11,9 %), достаточно высокий – в оз. Круглое (10,9 %). В то же время средний по всем водоемам уровень содержания оксида алюминия составляет 8 %, а минимальный наблюдался в контрольном водоеме (5,2 %), он ниже максимального показателя более чем в два раза. Размах колебания содержания оксида титана (IV) более существенен: его концентрация в разных водоемах может отличаться в четыре раза. Его наименьшее количество (0,2 %) также отмечено в контрольном водоеме, а максимальный уровень (0,7 %) определен в оз. Малое.

Таким образом, оз. Малое характеризуется самыми высокими по сравнению с другими водоемами показателями содержания органического вещества, оксида алюминия и оксида титана (IV). Наибольшее количество оксида кремния установлено в оз. Володькино, оксида железа (III) – в оз. Любенское, оксида марганца (II) – в р. Сож у н. п. Кленки, а оксида магния – в оз. Круглое. В то же время самые низкие показатели содержания оксида железа (III), оксида алюминия, оксида титана (IV) были отмечены в контрольном водоеме, органического вещества и оксида магния и марганца – в оз. Володькино. Озеро Круглое отличается минимальным содержанием оксида кремния в донных отложениях.

Наиболее выраженная корреляционная связь накопления изучаемых элементов в осадках от их химического состава определена для органического вещества, оксидов магния и железа. Роль других природных сорбентов в аккумуляции металлов невелика. Озера У-образное и Волотовское отличаются повышенным накоплением поллютантов в отложениях, несмотря на низкое содержание в них органической фракции, что свидетельствует об избыточном антропогенном загрязнении данных объектов. Эти же водоемы выбиваются из общего тренда зависимости при анализе корреляционной связи между количеством свинца, меди и кобальта в донных отложениях и содержанием в них оксида магния – компонента глинистых минералов.

В то же время изучение закономерностей их накопления в осадках невозможно без исследования содержания тяжелых металлов в воде обследованных водоемов. Существует высокая и средняя степень взаимосвязи между содержанием кобальта, меди, цинка и марганца в донных отложениях и их концентрацией в воде ($r = 0,7; 0,4; 0,5$ и $0,4$ соответственно).

В таблице 2 приведены данные относительно концентрации элементов-загрязнителей в поверхностных водах озер и речной системы г. Гомеля.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в воде исследованных водоемов

Водоем	Содержание, мкг/л						
	Pb	Cu	Zn	Mn	Co	Cr	Ni
оз. Малое	10,3	11,4	142,1	130,2	15,0	4,0	6,1
оз. Круглое	10,0	11,0	100,3	202,4	17,4	4,0	9,1
оз. У-образное	8,2	13,4	154,3	175,0	15,8	4,0	6,2
оз. Волотовское	9,0	20,0	122,3	193,3	10,3	16,0	9,3
оз. Шапор	10,0	14,2	63,0	164,0	14,4	4,0	10,0
оз. Дедно	9,3	16,4	92,3	186,2	21,4	4,0	14,0
оз. Любенское	13,1	17,4	51,0	147,5	14,2	7,0	7,0
Гребной канал	11,4	15,3	73,1	176,2	16,6	5,0	6,2
оз. Володькино	9,0	7,4	94,4	145,1	12,1	4,0	98,4
р. Сож, н. п. Кленки (выше города)	8,60	13,90	113,10	153,00	9,30	4,20	15,10
р. Сож, н. п. Ченки (ниже города)	9,60	14,80	86,90	148,30	12,70	3,60	7,30
Контрольный водоем	8,30	8,10	93,60	122,10	7,10	8,00	19,40

Как видно из таблицы 2, максимальное содержание свинца в воде отмечено в оз. Любенское (13,1 мкг/л). В других водоемах концентрация данного металла изменяется не столь существенно. Минимальный показатель установлен в оз. У-образное и контрольном водоеме (8,2–8,3 мкг/л), что ниже максимального уровня в 1,6 раза. Концентрация

меди в водоемах города варьирует более существенно. Наиболее высокое содержание данного элементов определено в оз. Волотовское (20 мкг/л), что выше показателя водоема с наименьшим содержанием меди в воде – оз. Володькино – в 2,7 раза. Приблизительно такой же размах варьирования содержания между максимальным и минимальным показателем характерен для цинка: его наибольшая концентрация в оз. Малое (142,1 мкг/л) превышает наименьшие показатели оз. Любенское в 2,8 раза.

В то же время различия в содержании марганца в воде обследованных водоемов не столь существенны. Концентрация данного металла в воде оз. Круглое является самой высокой и составляет 202,4 мкг/л, а в оз. Малое данный параметр наиболее низкий – 130,2 мкг/л. Различие между ними – 1,6 раза. Наибольшая концентрация кобальта в воде определена в оз. Дедно (21,4 мкг/л), а его самое низкое содержание – в контрольном водоеме (7,1 мкг/л) – в 2,5 раза ниже максимального показателя.

В отношении хрома необходимо отметить самый высокий размах варьирования его концентрации между обследованными водоемами. Аномально высокий уровень содержания данного металла определен в оз. Волотовское (16 мкг/л), что выше среднего показателя по всем остальным водоемам в 3,4 раза. Для всех обследованных водных объектов, за исключением оз. Любенское и контрольного водоема, где также определено повышенное содержание хрома в воде (7 и 8 мкг/л соответственно), установлена приблизительно одинаковая концентрация данного элемента – около 4 мкг/л.

Содержание никеля также варьирует весьма существенно между отдельными водоемами. Его самая высокая концентрация определена в контрольном водоеме (19,4 мкг/л), она превышает средний показатель остальных водоемов в два раза. Наименьшее содержание хрома определено в оз. Малое, оно ниже максимального показателя в три раза.

Таким образом, по содержанию тяжелых металлов в воде нельзя выделить однозначно наиболее или наименее загрязненный водоем. Следует отметить оз. Волотовское по самому высокому уровню содержания меди, аномально высокому – хрома и достаточно высокому – марганца, а также оз. Малое, в котором наблюдалось минимальное содержание марганца и никеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

[К содержанию](#)

УДК 577.175.1:634.717

А. В. МАКСИМУК, С. М. ЛЕНИВКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ФИТОГОРМОНОВ *IN VITRO* НА ОРГАНОГЕНЕЗ У ДВУХ ТИПОВ МИКРОПОБЕГОВ МАЛИНО-ЕЖЕВИЧНОГО ГИБРИДА СОРТА МЕРИОН

Фитогормоны играют ключевую роль в регуляции роста и развития растений, влияя на процессы деления клеток, дифференциацию тканей и органогенез. Введение фитогормонов в культуру *in vitro* позволяет контролировать эти процессы и улучшать характеристики растений, такие как урожайность, устойчивость к стрессам и качество плодов.

Малино-ежевичный гибрид сорта Мерион представляет собой уникальный гибрид, обладающий высокими показателями урожайности и устойчивости к болезням. Однако для достижения максимальной продуктивности и качества плодов необходимо разработать эффективные методы клонального микроразмножения с использованием фитогормонов.

Исследования, проведенные различными авторами, подтверждают эффективность использования фитогормонов для улучшения характеристик растений [1–3]. Так, оптимизация метода клонального микроразмножения с использованием фитогормонов позволяет ускорить селекцию ремонтантных форм малины и улучшить рост и развитие малино-ежевичных гибридов. Одним из наиболее изученных фитогормонов является 6-бензиламинопурин (далее – БАП), который относится к цитокининам и стимулирует деление клеток и образование побегов. Индолил-3-масляная кислота (далее – ИМК) является ауксином и влияет на растяжение клеток, образование корней и тропизмы. Комбинация этих фитогормонов часто используется для стимуляции роста и развития растений *in vitro*. Другим важным аспектом является влияние фитогормонов на органогенез растений. Использование фитогормонов способствует увеличению количества побегов и улучшению их качества. Правильный выбор концентраций фитогормонов является ключевым фактором для успешного органогенеза.

В связи с вышеизложенным важным аспектом проводимых нами исследований является изучение влияния фитогормонов на различные типы эксплантов, такие как верхушечные и срединные микрочеренки, поскольку эффективность применения фитогормонов может зависеть от типа эксплантов, что необходимо учитывать при разработке методик клонального микроразмножения.

Цель исследования – определить оптимальные концентрации фитогормонов БАП и ИМК для стимуляции процессов органогенеза у верхушечных и срединных микрочеренков малино-ежевичного гибрида сорта Мерион в культуре *in vitro*.

Для культивирования микропобегов использовалась среда Мурасиге и Скуга с половинным набором макро- и микроэлементов. Было подготовлено три варианта питательных сред: без гормонов (контроль), с 0,3 мг/л БАП и 0,05 мг/л ИМК (полная концентрация гормонов), а также с 0,15 мг/л БАП и 0,025 мг/л ИМК (половина гормонального состава). Для изучения регенерационной способности в питательную среду помещались микропобеги двух типов: срединные и верхушечные. Культивирование проводилось при постоянной температуре 19 °С в камере для роста растений с фотопериодом 16 часов день и 8 часов ночь. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Excel. Источником эксплантов явились микропобеги малино-ежевичного гибрида сорта Мерион из коллекции пробирочных растений кафедры биологических и химических технологий БрГУ имени А. С. Пушкина.

При культивировании микрочеренков на питательной среде без фитогормонов наблюдалось менее выраженное увеличение показателей. Количество побегов у верхушечных микрочеренков увеличилось в 2,1 раза, а высота побегов увеличилась в 3,5 раза на 60-е сутки. Частота листообразования у срединных микрочеренков увеличилась в 1,5 раза, в то время как у верхушечных микрочеренков оставалась практически неизменной на протяжении всего эксперимента (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Органогенез у двух типов эксплантов малино-ежевичного гибрида сорта Мерион в отсутствии фитогормонов

Показатель	Тип экспланта		Время культивирования
	срединный	верхушечный	
Среднее количество побегов в повторности, шт.	3,3 ± 0,3	4,3 ± 0,3	0-е сутки
	3,3 ± 0,3	4,3 ± 0,3	14-е сутки
	4,7 ± 0,7	6,7 ± 0,3	30-е сутки
	6,3 ± 0,9*	9,0 ± 0,6*	60-е сутки
Частота листообразования, шт./побег	2,9 ± 0,7	3,5 ± 0,8	0-е сутки
	3,4 ± 0,9	3,8 ± 0,9	14-е сутки
	4,1 ± 0,9	4,1 ± 0,8	30-е сутки
	4,3 ± 0,9	3,5 ± 0,6	60-е сутки
Средняя высота эксплантированных побегов, см	17,0 ± 1,7	10,5 ± 1,6	0-е сутки
	17,7 ± 2,4	13,8 ± 1,8	14-е сутки
	23,8 ± 2,8	25,9 ± 2,4	30-е сутки
	40,1 ± 4,2*	36,8 ± 3,0*	60-е сутки

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$ по сравнению с 0-ми сутками эксперимента.

Таблица 2 – Влияние фитогормонов в полной концентрации на органогенез у двух типов эксплантов малино-ежевичного гибрида сорта Мерион

Показатель	Тип экспланта		Время культивирования
	срединный	верхушечный	
Среднее количество побегов в повторности, шт.	$3,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,0$	0-е сутки
	$3,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,0$	14-е сутки
	$7,0 \pm 1,0$	$9,0 \pm 1,2$	30-е сутки
	$7,0 \pm 0,6^*$	$15,0 \pm 1,5^*$	60-е сутки
Частота листообразования, шт./побег	$2,7 \pm 0,7$	$2,6 \pm 0,6$	0-е сутки
	$3,6 \pm 1,0$	$3,4 \pm 0,8$	14-е сутки
	$3,4 \pm 0,6$	$2,6 \pm 0,4$	30-е сутки
	$3,8 \pm 0,7$	$2,0 \pm 0,2$	60-е сутки
Средняя высота эксплантационных побегов, см	$9,4 \pm 1,5$	$5,8 \pm 0,7$	0-е сутки
	$10,8 \pm 1,1$	$9,4 \pm 0,9$	14-е сутки
	$15,4 \pm 1,3$	$14,5 \pm 0,9$	30-е сутки
	$17,3 \pm 1,7^*$	$21,9 \pm 1,5^*$	60-е сутки

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$ по сравнению с 0-ми сутками эксперимента.

При культивировании микрочеренков на питательной среде с полным составом БАП и ИМК количество побегов у верхушечных микрочеренков увеличилось в 3,8 раза и составило 15,0 штуки на 60-е сутки, а высота побегов – в 3,8 раза и составила 21,9 см. Частота листообразования у срединных микрочеренков увеличилась в 1,4 раза, а у верхушечных микрочеренков – уменьшилась в 1,3 раза. По сравнению с контролем использование полного состава фитогормонов увеличивает количество побегов у верхушечных микрочеренков в 1,7 раза и их высоту в 1,4 раза, а также частоту листообразования у срединных микрочеренков в 1,1 раза.

Таким образом, использование полного состава фитогормонов оказало наибольшее положительное влияние на показатели органогенеза малино-ежевичного гибрида сорта Мерион. На данном типе питательной среды наблюдалось максимальное увеличение количества побегов и их высоты у верхушечных микрочеренков, что может быть связано с оптимальной концентрацией фитогормонов, способствующей интенсивному делению клеток и росту побегов. Частота листообразования была также выше только у срединных микрочеренков по сравнению с контрольной группой, что указывает на специфическое влияние фитогормонов на дифференциацию тканей в зависимости от типа эксплантов.

По сравнению с контрольной группой использование половинного состава фитогормонов (таблица 3) привело к увеличению количества побегов у верхушечных микрочеренков и их высоты, а также к увеличению

частоты листообразования у срединных микрочеренков, хотя и в меньшей степени по сравнению с полным составом. Это может быть объяснено тем, что сниженная концентрация фитогормонов все еще способствует стимуляции роста и развития растений, но с меньшей интенсивностью.

Таблица 3 – Влияние фитогормонов в половинной концентрации на органогенез у двух типов эксплантов малино-ежевичного гибрида сорта Мерион

Показатель	Тип экспланта		Время культивирования
	срединный	верхушечный	
Среднее количество побегов в повторности, шт.	$3,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,0$	0-е сутки
	$3,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,0$	14-е сутки
	$6,3 \pm 0,9$	$7,3 \pm 0,3$	30-е сутки
	$13,0 \pm 1,2^*$	$12,7 \pm 2,0^*$	60-е сутки
Частота листообразования, шт./побег	$2,4 \pm 0,6$	$3,6 \pm 0,9$	0-е сутки
	$2,8 \pm 0,7$	$4,6 \pm 1,2$	14-е сутки
	$4,1 \pm 0,8$	$4,1 \pm 0,8$	30-е сутки
	$2,7 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,4$	60-е сутки
Средняя высота эксплантированных побегов, см	$8,0 \pm 1,3$	$10,3 \pm 1,6$	0-е сутки
	$13,7 \pm 1,4$	$14,7 \pm 1,7$	14-е сутки
	$21,3 \pm 2,6$	$22,7 \pm 2,4$	30-е сутки
	$37,8 \pm 3,8^*$	$35,4 \pm 3,6^*$	60-е сутки

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$ по сравнению с 0-ми сутками эксперимента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова, А. П. Оптимизация методов клонального микро-размножения малины / А. П. Иванова. – Минск : БелНИИПИ, 2015. – 180 с.
2. Петров, С. В. Влияние цитокининов и ауксинов на органогенез растений in vitro / С. В. Петров. – СПб. : Наука, 2012. – 300 с.
3. Кузнецов, И. В. Методы клонального микро-размножения плодовых культур / И. В. Кузнецов. – Минск : БелНИИПИ, 2018. – 200 с.

[К содержанию](#)

УДК 581.1

Н. М. МАТУСЕВИЧ, К. Р. МЕЛЯНЧУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯ НЕКОТОРЫХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ANTHURIUM* L.**

Растения рода антуриум, известные своими яркими цветами и декоративными листьями, занимают особое место в мире комнатного и садового цветоводства. Однако для успешного их культивирования необходимо глубокое понимание физиологических процессов, происходящих в этих растениях.

В зимнем саду отдела «Ботанические экспозиции» насчитывается более 550 таксонов растений закрытого грунта, относящихся к 98 семействам. Большинство из них относятся к растительности влажных тропических лесов и аридных местообитаний. Растения в коллекции зимнего сада расположены композиционно с учетом биогеографической и систематической принадлежности [1].

Объектами исследования явились пять видов рода *Anthurium* L., произрастающие в Зимнем саду отдела «Ботанические экспозиции»: 1) антуриум лазающий (*Anthurium scandens* (Aul.) Engl.) – лазающее эпифитное теневыносливое растение; корни толстые; стебель до 1 м длиной; форма листьев зависит от разновидности и может быть как ланцетной, так и овальной формы; листья кожистые, нижняя сторона листа покрыта мелкими черными пятнышками [2]; 2) антуриум Андре (*Anthurium andraeanum* Linden ex Andre) – наземные и эпифитные растения; листья овально-ланцетные с глубоко-сердцевидным основанием, 25–30 см длиной, 10–12 см шириной, свисающие книзу [3]; 3) антуриум сердцевидный (*Anthurium cordatum* (L.) Schott) – лазающее эпифитное растение с обширными поддерживающими корнями, иногда на скалах, прямостоячее или стелющееся; листья сердцевидно-овальные [4]; 4) антуриум Ольферса (*Anthurium olfersianum* Kunth) – стебель восходящий, толстый, разветвленный; листовые пластинки темно-зеленые сверху, блестящие, более светлые снизу [5]; 5) антуриум многогроздевидный (*Anthurium polychistum* R.E.Schult.) – лиана с пальчаторассеченными листьями и тонкими стеблями [6].

Количественное определение хлорофилла в листьях представителей рода *Anthurium* L. проводили следующим образом. Навеску листьев массой 2 г ($a = 2000$ мг) измельчали ножницами и помещали в ступку. В мерном цилиндре отмеряли 30 мл спирта и переносили в чистый стаканчик.

Материал в ступке заливали спиртом из стаканчика 7–8 мл и растирали до состояния однородной кашицы. Далее добавляли в ступку примерно половину оставшегося спирта, перемешивали и все содержимое переносили на складчатый фильтр, предварительно смоченный спиртом. Остатки спирта использовали для ополаскивания пестика и ступки и переносили эту жидкость на фильтр. После фильтрования измеряли объем фильтрата в мерном цилиндре, переводили в литры (b). После этого определяли его оптическую плотность с помощью фотометра фотометрического КФК-3. Измерения на фотометре проводили три раза и находили среднее значение для каждого раствора [7; 8].

Далее по калибровочному графику определяли содержание хлорофилла (с). Затем рассчитывали массовую долю хлорофилла в вытяжке по формуле:

$$w = b \cdot c \cdot 100/a (\%),$$

где w – массовая доля хлорофилла, b – объем фильтрата, c – содержание хлорофилла, a – масса навески [7].

В результате проведенного анализа по определению содержания хлорофилла было установлено, что в листьях исследуемых растений общее содержание хлорофилла колеблется в пределах 0,049–0,65 (таблица).

Таблица – Содержание хлорофилла в листьях

Объект	Навеска, мг	Объем вытяжки, мл	Оптическая плотность, кг/л	Количество хлорофилла по калибр., мг/л	Содержание хлорофилла в листьях, %
<i>Anthurium polychistum</i> R.E.Schult.	2000	26	0,22	50	0,65
<i>Anthurium scandens</i> (Aul.) Engl.	2000	21	0,9	196	0,206
<i>Anthurium andraeanum</i> Linden ex Andre	2000	25	0,19	39	0,049
<i>Anthurium cordatum</i> (L.) Schott	2000	15	1,02	157	0,166
<i>Anthurium olfersianum</i> Kunth	2000	22	1,06	229	0,252

Как видим, наиболее высокое содержание хлорофилла наблюдается у *Anthurium polychistum* R.E.Schult., самый низкий показатель отмечен у *Anthurium andraeanum* Linden ex Andre.

В результате проведенного исследования содержания хлорофилла в листьях представителей видов рода *Anthurium* L., произрастающих в зимнем саду отдела «Ботанические экспозиции», можно сделать вывод, что содержание хлорофилла находится в обратной зависимости от высоты расположения растения: чем меньше растение получает света, тем больше в его клетках содержится хлорофилла.

Низкое содержание хлорофилла у *Anthurium andraeanum* Linden ex Andre объясняется его расположением на верхних ярусах, куда попадают солнечные лучи. При высокой интенсивности света сравнительно небольшое количество хлорофилла может поглощать его для достижения светового насыщения и осуществления ассимиляционной функции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колбас, А. П. Таксономический состав коллекций экспозиции «Зимний сад» Центра экологии учреждения образования «БрГУ имени А. С. Пушкина» / А. П. Колбас, Н. В. Шималов, И. Н. Яковук // Вучоныя запіскі БрДУ імя А. С. Пушкіна. – Брэст, 2016. – Вып. 12, ч. 2. – С. 52–67.
2. Сад от А до Я. – URL: https://sadogorod.com/katalog/komnatnye_cvety/anthurium_scandens (дата обращения: 05.11.2024).
3. Антуриум Андре // Википедия. – URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Антуриум_Андре (дата обращения: 05.11.2024).
4. *Anthurium cordatum* (L.) Schott // GBIF | Global Biodiversity Information Facility. – URL: <https://www.gbif.org/ru/species/2872589> (дата обращения: 05.11.2024).
5. *Anthurium olfersianum* Kunth // GBIF | Global Biodiversity Information Facility. – URL: <https://www.gbif.org/ru/species/2872668> (дата обращения: 05.11.2024).
6. Aroid // Все для любителей антуриумов. – URL: <https://aroid.ucoz.ru/index/0-108> (дата обращения: 05.11.2024).
7. Малый практикум по физиологии растений / В. М. Еремин, В. И. Бойко, Ю. Ф. Рой, С. В. Зеркаль. – Брест : Изд-во Брест. ун-та, 2000. – 88 с.
8. Викторов, В. П. Малый практикум по физиологии растений : учеб. пособие для биол. специальностей вузов / В. П. Викторов. – 3- изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1983. – 135 с.

[К содержанию](#)

УДК 547.772.2.81:579.6.841.21

Д. И. МИСЮЛЯ¹, И. В. МИНЕЕВА^{1, 2}¹Беларусь, Минск, БГУ²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

МУЛЬТИКОМПОНЕНТНЫЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ 2-АМИНО-3-ЦИАНО-4Н-ХРОМЕНОВ И ОЦЕНКА ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ *IN VITRO*

Мультикомпонентные реакции (далее – МКР) – перспективный метод получения веществ с различной молекулярной сложностью. Его синтетическая привлекательность состоит в том, что достаточно сложные молекулы образуются в результате одной мультикомпонентной трансформации [1].

С одной стороны, 2-амино-4Н-хромены входят в состав достаточно широкого числа биологически активных соединений [2], с другой – различные их производные обладают широким спектром биологической активности: антибактериальной, противогрибковой, антипролиферативной, цитотоксической, ингибирующим действием на тирозиназу и др. [3–6].

Также ранее нами для некоторых производных 2-амино-3-циано-4Н-хромена были проведены *in silico* расчеты, показывающие подобные виды активности, а также некоторые их различия [7]. В связи с вышесказанным актуальной задачей становится поиск путей синтеза и функционализации различных производных 2-амино-3-циано-4Н-хроменов, а также первичная оценка антибактериальных свойств данных производных в условиях *in vitro*.

В зависимости от субстрата условия проведения МКР могут приводить к различным результатам (рисунк 1).

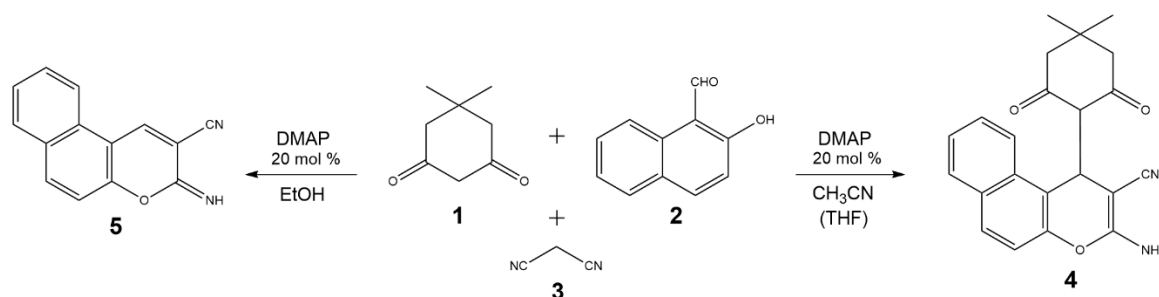


Рисунок 1 – Мультикомпонентная реакция димедона (1),
2-гидроксиафтаальдегида (2) и малононитрила (3)

При проведении мультикомпонентной реакции димедона **1**, 2-гидроксиафтаальдегида **2** и малононитрила **3** в среде этанола и в присутствии катализатора DMAP (20 мольн. %) результат реакции не всегда предсказуем: возможно образование некоторого количества продукта **4** (2-амино-4-(4,4-диметил-2,6-диоксоциклогексил)-4*H*-бензо[*f*]хромен-3-карбонитрила), но в большинстве случаев при данных условиях наблюдается накопление продукта **5** (3-имино-3*H*-бензо[*f*]хромен-2-карбонитрила).

Несколько более однозначно продукт **4** может быть получен в присутствии того же катализатора (DMAP, 20 мольн. %) в среде полярных апротонных растворителей. Наилучшие результаты в этом отношении получены для ацетонитрила и тетрагидрофурана (таблица 1). В таких полярных апротонных растворителях, как диметилсульфоксид и CH_2Cl_2 , при обоих температурных режимах происходит образование в основном продукта **5**.

Таблица 1 – Результаты МКР между соединениями **1**, **2** и **3** в ацетонитриле и тетрагидрофуране при разных температурах

Растворитель/Параметр	Температура, °C	Продукт	Выход, %
Тетрагидрофуран (THF)	25	5	83,3
	100	4	18,6
Ацетонитрил (CH_3CN)	25	5	73,3
		4	19,7
	100	4	75,6

Несколько более однозначно в отношении получаемого продукта протекают реакции в среде ионной жидкости (далее – ИЖ) – метилоктилимидазолий хлорида **6** (рисунок 2). В данном случае ИЖ вводилась как собственно растворитель и как катализатор (каталитические количества ИЖ в среде этанола). Несмотря на качественно однозначный результат – образование продукта **4**, в количественном отношении есть некоторая неоднозначность (таблица 2). По-видимому, при проведении МКР в среде (или в присутствии) ИЖ **6** целесообразно вести их при нагревании.

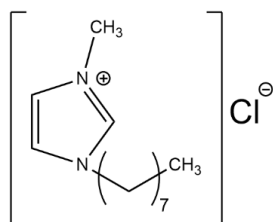


Рисунок 2 – Метилоктилимидазолий хлорид (**6**)

Таблица 2 – Результаты МКР между соединениями **1**, **2** и **3** в ионной жидкости **6** при разных температурах

Система/Параметр	Температура, °С	Продукт	Выход, %
ИЖ 6 /EtOH (как катализатор)	25	4	18,3
	100	4	28,3
ИЖ 6 (как растворитель)	25	4	3,3
	100	4	28,3

Примечателен тот факт, что при проведении МКР с пиразолиновыми производными такие реакции идут в среде с этанолом (катализатор – DMAP, 20 мольн. %). Схема реакции, а также выход продукта реакции приведены, соответственно, на рисунке 3 и в таблице 3.

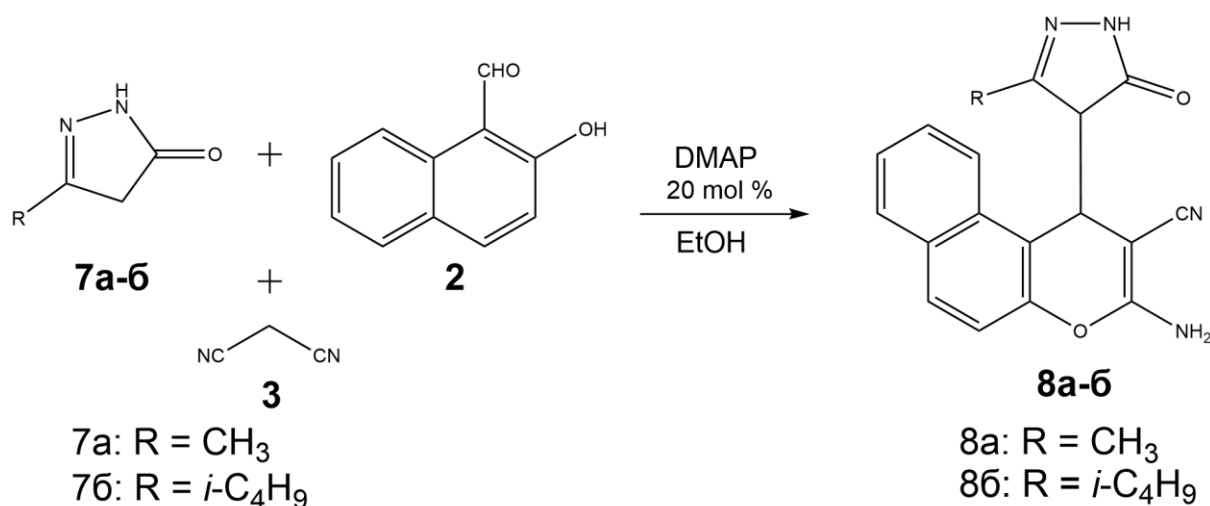


Рисунок 3 – Мультикомпонентная реакция пиразолиновых производных (**7a–b**), 2-гидрокси-нафталяльдегида (**2**) и малононитрила (**3**)

Таблица 3 – Результаты МКР между соединениями **7a–b**, **2** и **3**

Субстрат	Температура, °С	Продукт	Выход, %
7a	25	8a	69,4
7b	25	8b	76,2

Привлекательность данного подхода состоит в том, что в результате проведения МКР в указанных условиях возможно получать производные, включающие в себя как пиразолиновый, так и хроменовый фрагменты с удовлетворительными выходами.

Полученные соединения тестировались на культуре *Azotobacter chroococcum* Beijerinck, культура которого выделена нами из почвы. Выделение проводили посредством инокулирования безазотной жидкой питательной среды Эшби образцом почвы массой примерно 300 мг.

Получение чистой культуры осуществляли путем посева методом истощающего штриха по Коху на той же питательной среде с добавлением отвердителя – 1,5 мас. % агар-агара. Оценку антибактериальной активности проводили диско-диффузионным методом: бумажный круг $d = 5$ мм смачивали $\approx 15\text{--}20\%$ -м раствором синтезированных веществ в DMSO (инертность бактериальной культуры к чистому растворителю подтверждена). Чашки Петри с бактериальными культурами находились в условиях 25°C весь период культивирования. Более-менее явные первичные результаты антибактериальной активности фиксировались нами на 8–20-е сутки культивирования.

Антибактериальная активность продукта **4** была замечена на 10-е сутки культивирования в виде более-менее явной зоны поражения в трех точках внесения диска. На 20-е сутки фиксировали ингибирование биосинтеза мелатонина (культуральный признак данной бактерии). Пример состояния культуры на названных этапах приведен на рисунке 4 (точки внесения и зоны поражения отмечены маркером).

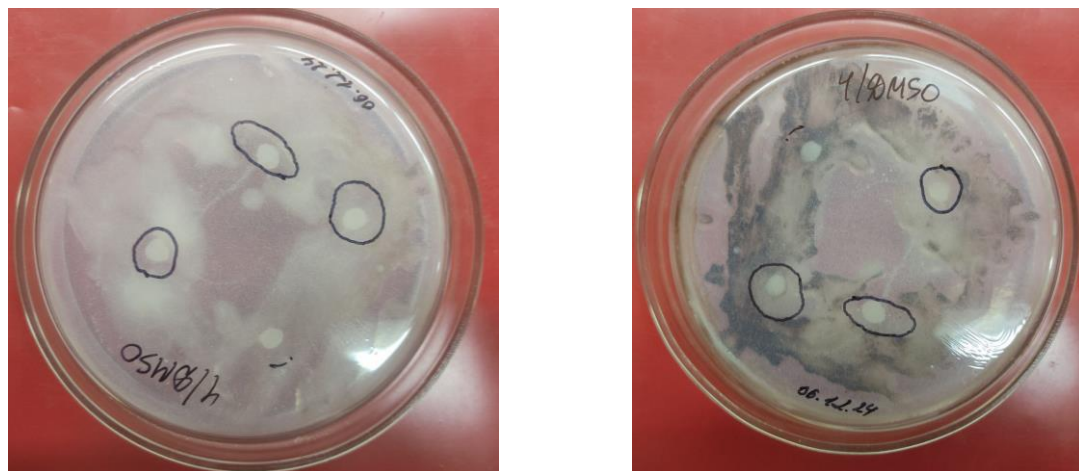


Рисунок 4 – Состояние культуры *Azotobacter chorococcum* на момент 10-х (слева) и 20-х (справа) суток культивирования в условиях *in vitro*

Продукт **5** антибактериальной активностью не обладал: в точке внесения фиксировали обильный рост микроорганизмов.

В случае вещества **8a** фиксировали четко выраженную антибактериальную активность и ингибирование биосинтеза мелатонина на тех же этапах культивирования. Примечателен факт, что отдельно исходное пиразолиновое производное **7a** обладало противоположной активностью: в точке внесения фиксировали заметный рост биомассы микроорганизмов.

Примечательно, что и в случае продукта **8b**, и в случае отдельно пиразолинового производного **7b** фиксировали отсутствие антимикробной активности.

Таким образом, показанные различия в антимикробной активности продуктов МКР, зависящие от отдельных структурных фрагментов продуктов, обуславливают актуальность поиска оптимальных синтетических методов их получения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков, Ф. В. Домино-реакции альдегидов и С–Н-кислот в минимальном количестве растворителя : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.03 / Рыжков Федор Владимирович ; Ин-т орган. химии им. Н. Д. Зелинского. – М., 2017. – 193 с.
2. Калашникова, В. М. Синтез замещенных 2-амино-4*H*-хроменов / В. М. Калашникова, М. Н. Элинсон // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – № 3. – С. 26–28.
3. Synthesis and antimicrobial activities of novel naphtho[2,1-*b*]pyran, pyrano[2,3-*d*]pyrimidine and pyrano[3,2-*e*][1,2,4]triazolo[2,3-*c*]-pyrimidine derivatives / A. H. Bedair, H. A. Emam, N. A. El-Hady [et al.] // Il Farmaco. – 2001. – Vol. 56. – P. 965–973.
4. Anti-proliferative activity of novel 4*H*-benzo[*h*]chromenes, 7*H*-benzo[*h*]-chromeno[2,3-*d*] pyrimidines and the structure-activity relationships of the 2-, 3-positions and fused rings at the 2,3-positions / A. M. El-Agrody, A. H. Halawa, A. M. Fouda, A. A. M. Al-Dies // Journal of Saudi Chemical Society. – 2016. – P. 1–9.
5. Synthesis, antifungal activity and docking study of 2-amino-4*H*-benzochromene-3- carbonitrile derivatives / B. Mirjalili, L. Zamani, K. Zomorodian [et al.] // Journal of Molecular Structure. – 2016. – Vol. 1116. – P. 562–579.
6. 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 / L. M. Al-Harbi, E. A. Al-Harbi, R. M. Okasha [et al.] // Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry. – 2023. – Vol. 38. – P. 1145–1161.
7. Мисюля, Д. И. Новые катализаторы мультикомпонентной реакции с участием димедона, малононитрила и 2-гидроксинафталальдегида / Д. И. Мисюля // Природа, человек и экология : электрон. сб. материалов XI Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 4 апр. 2024 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: С. Э. Кароза (отв. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2024. – 236 с. – С. 144–149. – URL: <http://rep.brsu.by/handle/123456789/10130> (дата обращения: 02.02.2025).

[К содержанию](#)

УДК 502.175-047.36(476.7)

В. И. ПИНЧУК, М. В. ЛЕВКОВСКАЯ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ПРОМЗОНЫ
Г. ГОМЕЛЯ**

В настоящее время особое значение приобретает применение интегральных методов оценки токсичности воды, к которым относится биотестирование – определение токсичности воды для гидробионтов, основанное на регистрации реакций тест-объектов. Биотестирование может значительно сократить объем химико-аналитических работ и проводить контроль загрязнений водных объектов более оперативно [1].

Виды семейства рясковых показали широкий спектр своего применения в качестве модельного объекта в установлении токсичности и разных видов загрязнения водной и почвенной среды [2]. Особенности морфологического строения, высокая скорость вегетативного размножения, чувствительность к среде обитания сделали ряску удобным объектом для биологического тестирования [2; 3, с. 188].

Цель работы – оценить состояние поверхностных вод в условиях западной части промышленной зоны г. Гомеля с использованием ряски малой (*Lemna minor* L.).

В июне – июле 2024 г. были отобраны модельные растения *Lemna minor* из естественных популяций (участок р. Уза в окрестностях д. Новая Буда, Гомельский р-н) и помещены в пробы воды, взятые в трех точках искусственного водоема, расположенного на расстоянии 700–800 м в западном направлении от Гомельского химического завода на территории промышленной зоны г. Гомеля. В качестве контроля была использована водопроводная вода [4, с. 170]. При проведении исследований в течение 21 суток учитывали специфические морфологические изменения листецов растений ряски малой (хлорозы, некрозы) [2; 4]. За одно растение принимали материнский щиток (с детками при наличии) [5, с. 105].

В каждую пробу воды в десятикратной повторности из трех точек отбора помещали по пять растений, определяли число щитков (общее, с повреждениями), регистрировали появление хлорозов, некрозов согласно протоколам по биотестированию на 7, 14, 21-е сутки, т. к. характер действия поллютантов может сказаться не сразу [2–5].

В таблице приведены результаты исследований специфических морфологических реакций ряски малой при выдерживании в исследованных пробах.

Таблица – Оценка качества воды по морфологическим параметрам *Lemna minor*

Период наблюдения	Число особей	Общее число щитков	Доля щитков с повреждениями, %	Отношение числа щитков к числу особей
Проба 1				
7 сутки	$12,4 \pm 0,22$	$26,2 \pm 0,25$	$31,7 \pm 1,02$	$2,12 \pm 0,03$
14 сутки	$17,6 \pm 0,27$	$36,3 \pm 0,3$	$31,98 \pm 1,17$	$2,06 \pm 0,02$
21 сутки	$23,2 \pm 0,25$	$47,2 \pm 0,25$	$32,01 \pm 1,07$	$2,04 \pm 0,03$
Проба 2				
7 сутки	$13,2 \pm 0,29$	$26,3 \pm 0,21$	$25,95 \pm 2,37$	$2 \pm 0,04$
14 сутки	$18,7 \pm 0,45$	$36,6 \pm 0,22$	$28,42 \pm 0,94$	$1,97 \pm 0,04$
21 сутки	$24 \pm 0,26$	$47,6 \pm 0,31$	$29,62 \pm 0,76$	$1,99 \pm 0,02$
Проба 3				
7 сутки	$13,7 \pm 0,3$	$26,4 \pm 0,31$	$25,38 \pm 1,22$	$1,93 \pm 0,04$
14 сутки	$19,1 \pm 0,38$	$37 \pm 0,21$	$28,42 \pm 1,32$	$1,94 \pm 0,04$
21 сутки	$24,8 \pm 0,44$	$48,2 \pm 0,25$	$28,2 \pm 0,92$	$1,95 \pm 0,03$
Контроль				
7 сутки	$23,3 \pm 0,26$	$30,8 \pm 0,25$	$4,24 \pm 1,08$	$1,32 \pm 0,009$
14 сутки	$34,1 \pm 0,35$	$45,2 \pm 0,39$	$4,23 \pm 0,63$	$1,33 \pm 0,008$
21 сутки	$45,3 \pm 0,3$	$60,8 \pm 0,25$	$4,93 \pm 0,73$	$1,34 \pm 0,008$

На 7-й день проведения исследований зарегистрировано увеличение числа растений ряски малой во всех вариантах опыта в среднем в 2,48–2,74 раза, в контрольной пробе – в 4,66 раза в сравнении с началом эксперимента в первый день. Количество листочков, сохранивших интенсивную зеленую окраску, составляет 68,3, 74,05, 74,62 % от общего количества в исследованных пробах и достигает 95,76 % в контрольном образце. Доля щитков ряски малой с признаками хлорозов в трех точках отбора проб воды в среднем равна 16,81, 15,28, 12,55 %, с некрозами – 11,43, 10,67, 12,83 %, в то время как в контрольном варианте 2,61 и 1,62 % соответственно. В первой пробе описаны растения, имеющие признаки повреждения хлорозом и бурые пятна на щитках одновременно, – 10,84 % от общего количества поврежденных.

В период окончания эксперимента, на 21-е сутки, следует отметить дальнейшую тенденцию к увеличению количества растений *Lemna minor* и щитков во всех вариантах опыта. Доля щитков без изменения окраски в трех пробах в среднем составила 67,99, 70,38, 71,8 %. В сравнении с результатами, полученными на 7-е сутки, зарегистрировано некоторое

уменьшение: незначительное, на 0,15 % – в первой пробе, 3,67, 2,82 % – во второй и третьей пробах, 0,69 % – в контрольной пробе. В трех исследованных пробах количество щитков растений ряски в среднем составило: с пожелтением – 14,05 %, с наличием бурых пятен – 12,8 %, в контрольном варианте – 2,8 и 1,1 % соответственно, что в 5 и 11,6 раза ниже опытных данных. Доля поврежденных щитков в трех пробах на 21-е сутки равна 32,01, 29,62, 28,2 % и в контроле – 4,93 %.

Отношение числа щитков к числу модельных особей ряски малой в опытных вариантах варьирует в среднем в незначительном диапазоне от 1,95 до 2,04 при степени повреждения щитков, изменяющейся в пределах от 28,2 до 32,01 %. Полученные данные соответствуют третьему классу качества воды (умеренно загрязненная). В контрольном варианте показатель отношения числа щитков к числу растений ряски варьировал от 1,32 (7-е сут.) до 1,34 (21-е сут.), доля щитков с повреждениями составила 4,24 и 4,93 % (II класс – чистая вода).

Таким образом, результаты исследований состояния поверхностных вод искусственного водоема в условиях промышленной зоны г. Гомеля позволяют оценить степень загрязнения воды как умеренную, что соответствует III классу качества воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буркова, Е. А. Влияние токсикантов на физиологические свойства ряски малой *Lemna minor* L. / Е. А. Буркова, З. А. Канарская, А. В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета : электрон. науч. журн. – 2014. – Т. 17, № 24. – С. 129–132.
2. Цаценко, Л. В. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды / Л. В. Цаценко // Масличные культуры : науч.-техн. бюл. Всерос. науч.-исслед. ин-та маслич. культур. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 146–151.
3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева [и др.] ; под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
4. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Федорова. – М. : ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
5. Белюченко, И. С. Биомониторинг состояния окружающей среды : учеб. пособие / И. С. Белюченко ; под ред. И. С. Белюченко, Е. В. Федоненко, А. В. Смагина. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 153 с.

[К содержанию](#)

УДК 541:678.01:53

О. В. ПОДДУБНАЯ, У. О. АЛЕКСАНДРОВИЧ

Беларусь, Горки, БГСХА

КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМЕРОВ

Полимеры в последнее время нашли широкое применение в современном мире благодаря своим уникальным потребительским свойствам. В связи с этим на полимерные материалы часто возлагаются ответственные задачи при создании конструктивно сложных материалов, например мембран для ультратонкой очистки и разделения веществ на молекулярном уровне, анизотропных сред с перестраиваемой архитектурой, при изготовлении сложных элементов различных приборов и устройств (микроэлектроника), при создании древесно-полимерных композитов [1; 3].

Более трех четвертей земной коры составляют минералы, природные неорганические полимеры. К ним относятся кварцевый песок, который представляет собой полимерный оксид кремния, также гидратированный в виде кремня или агата, волокнистый асбест, каолин и обычную глину, т. е. полевой шпат, используемый для изготовления кирпича, фаянса, а также прозрачную пластинчатую слюду – отличную электрическую изоляцию.

Полимеры – это вещества, состоящие из множества повторяющихся структурных единиц – мономеров. Вместе они образуют макромолекулу. В низкомолекулярных полимерах их меньше, в то время как в высокомолекулярных – огромное количество. По числу мономеров в макромолекуле определяется степень полимеризации. Полимеры по молекулярной структуре делятся на два вида:

1) аморфные – при охлаждении их молекулы принимают хаотический порядок, и в результате этого при определенных температурах данные полимеры твердеют;

2) кристаллические – у них четкая (упорядоченная) структура цепей молекул и за счет этого они славятся большей прочностью.

Полимеры отличаются по методу производства: натуральные; синтетические (у них нет аналогов в природе); модифицированные (измененными либо физическим, либо химическим путем).

Следует учитывать факторы, влияющие на химическую стойкость полимеров:

- вид пластика (пленка, трубы, листы, стержни, пена и т. д.);
- способ его производства;

- наличие добавок, улучшающих свойства полимера;
- молекулярная масса материала и степень его кристалличности;
- температура, при которой происходит контакт с химикатом;
- время нахождения в агрессивной среде;
- концентрация химического вещества [3].

Полимерные материалы также стали неотъемлемой частью сельского хозяйства, обеспечивая эффективное использование ресурсов и повышение урожайности. Уверенно вытесняя традиционные материалы, используемые аграриями для ведения сельского хозяйства, полимеры приобретают все большую популярность. Полимеры помогают повысить урожайность культур, упрощают процесс борьбы с сорняками, выводят на новый уровень эффективности привычные технологии полива [1].

Химическая структура полимеров, т. е. химический состав и способ соединения атомов в макромолекуле, не определяет однозначно поведение полимерного материала. Свойства полимеров зависят не только от химической, но и от их физической (надмолекулярной) структуры. Структурные процессы изучают с помощью методов, которые основаны на измерении зависимости какого-либо показателя физических свойств полимерного материала от его структуры. Сюда можно отнести: методы термического анализа (измерение теплоемкости, температур переходов, дифференциальный термический анализ), зондовые методы (термодинамических параметров взаимодействия органических веществ с полимерами: коэффициенты растворимости, энтальпии сорбции, парциальные молярные энтальпии смешения, параметр растворимости, определение величины свободного объема в полимерах и др.), механические (измерение прочностных, деформационных и релаксационных свойств), электрические (диэлектрическая проницаемость, диэлектрические потери) и dilatометрические методы. Рассмотрим некоторые из перечисленных методов [2; 3].

К методам термического анализа относятся методы, по которым можно оценивать свойства полимеров в ходе изменения температуры (охлаждение или нагревание). Самыми распространенными являются дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА), динамический механический анализ (ДМА).

Дифференциальная сканирующая калориметрия основана на измерении разницы тепловых потоков, идущих от испытуемого образца и образца сравнения, которые образуются в результате изменения физических или химических свойств исследуемого материала. Получаемая информация позволяет определять характер протекающих процессов и характеризовать свойства полимерного материала. Различие тепловых потоков возникает вследствие таких тепловых эффектов, как плавление,

кристаллизация, химические реакции, полиморфные превращения, испарение и др. В результате можно определить удельную теплоемкость и изменения теплоемкости, например, в процессе стеклования полимера [2; 3].

Термогравиметрический анализ – это метод, в основе которого лежит постоянное взвешивание образца при изменении температуры с постоянной скоростью в зависимости от времени. Он позволяет, используя небольшие количества вещества, получать информацию о кинетике и механизме деструкции полимера, его термостойкости, твердофазных реакциях, а также определять влагу, содержание остаточных материалов в полимере (мономер, растворитель, наполнитель), изучать процессы сорбции и состав 46 композиционных полимерных материалов. Если к ТГА-анализатору подключить ИК-Фурье или масс-спектрометр, то анализ выделившихся газов даст полную информацию о механизме сложных термохимических процессах, которые идут в полимере при повышении температуры.

Динамический механический анализ применяется для исследований зависимости механических и вязкоупругих свойств (сдвиг, растяжение, сжатие, трехточечный и консольный изгиб) полимерных материалов от температуры, времени и частоты при воздействии периодических нагрузок.

Чтобы товары из полимеров не разлагались в результате воздействия прямых солнечных лучей и соприкосновения с атмосферным кислородом, в синтетическую смесь для производства пленок и шлангов добавляют присадки. За счет фотозащитных свойств добавки сокращают нежелательные эффекты. Рассмотрим наиболее используемые полимеры – акриловое стекло и поликарбонат.

Акрил (оргстекло) – это полимер из класса термопластов на основе акриловых смол и добавок, придающих материалу особые свойства. На его химстойкость влияет то, как был изготовлен пластик. Литое оргстекло, к примеру, создают путем полимеризации жидкого мономера ММА. Его в горячем (расплавленном) виде заливают в форму, после чего оно остывает и твердеет. Гранулы ММА закладывают в машины «экструдеры», из головок которых выходят изделия требуемых форм. В обоих случаях получают полиметилметакрилат (ПММА) – один и тот же пластик, но разный по свойствам. Литой акрил имеет прочные связи молекул. Они как бы склеены между собой в длинные химические цепи. Чтобы разрушить такой пластик, нужно больше времени и энергии. За счет этого он не так реагирует на щелочи и кислоты, допускается к применению в воде и на улице зимой [3].

Экструзионный акрил по составу молекул другой. Связи между ними короткие. Как следствие, этот акрил менее устойчив к любым воздействиям, в том числе к химическим.

В целом акриловое стекло устойчиво к спиртам, жирам и неорганическим солям. Сдерживает слабые кислоты и разбавленные щелочи и в то же время не боится минеральных масел. Но разрушается от концентрированных кислот (азотной, соляной, хромовой и серной), синильной и плавиковой кислоты (даже в малой концентрации), деформируется от этилового спирта. В дихлорэтане и других хлорированных углеводородах акрил растворяется. При очистке акриловых изделий надо избегать щеток, составов с абразивами [3].

Поликарбонаты являются линейными полиэфирами фенолов и угольной кислоты. Их получают поликонденсацией диоксидифенилпропана и фосгена. Это аморфный конструкционный термопласт, отличающийся высоким уровнем механических, оптических, электрических и тепловых свойств. Основные свойства поликарбоната: высокая ударная вязкость в широком диапазоне температур, большой диапазон цветов, глянцевая поверхность, отличная оптическая прозрачность, высокая теплостойкость, ограниченная огнестойкость. Поликарбонат может перерабатываться литьем под давлением, экструзией, прессованием и является сырьем для производства изделий и полуфабрикатов различного назначения.

Поликарбонат сегодня привлекает к себе все большее внимание во многих отраслях производства и строительства, в том числе в качестве материала, заменяющего металл и стекло.

Благодаря высокой механической прочности, сочетающейся с малым водопоглощением, а также способности изделий из него сохранять стабильные размеры в широком интервале рабочих температур, поликарбонат успешно используется для изготовления прецизионных (т. е. сверхточных) деталей, инструментов, электроизоляционных и конструкционных элементов приборов, корпусов электронной и бытовой техники и т. д.

Высокая ударная вязкость в сочетании с теплостойкостью позволяет использовать поликарбонат для изготовления электроустановочных и конструкционных элементов автомобилей, работающих в жестких условиях динамических, механических и тепловых нагрузок.

Хорошие оптические свойства (светопроницаемость до 89 %) обусловили применение поликарбоната для изготовления светотехнических деталей, светофильтров, а высокая химическая стойкость и стойкость к атмосферным явлениям — для светорассеивателей ламп различного назначения, в том числе эксплуатирующихся на улице, и автомобильных фар.

Качественные электроизолирующие свойства материала ценны для изготовления деталей электротехнического назначения, для производства корпусов электроприборов и электроинструментов.

Биологическая инертность поликарбоната и возможность подвергать изделия из него стерилизации сделали этот материал незаменимым для пищевой промышленности. Из него изготавливают посуду для продуктов питания, бутылки различного назначения, детали машин, перерабатывающие пищевые продукты (например, формы для шоколада).

Высокая теплостойкость, влагостойкость и физиологическая безвредность поликарбоната являются определяющими факторами и при выборе материала для изготовления одноразовой посуды для горячих пищевых продуктов, разогреваемых подносов и упаковки, подлежащей стерилизации, а также тары и емкостей, требующих высокой стойкости к удару [2].

Таким образом, на стойкость полимеров к химическим воздействиям влияет обширный ряд факторов. Материалы, имеющие в основе одно и то же вещество, могут сильно отличаться. Комплексный анализ помог лучше узнать, что представляют собой полимеры, какие у них химические свойства и как их учитывать при использовании пластиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поддубная, О. В. Химия : курс лекций / О. В. Поддубная. – Горки : БГСХА, 2024. – 250 с.
2. Семчиков, Ю. Д. Введение в химию полимеров : учебник / Ю. В. Семчиков, С. Ф. Жильцов, С. Д. Зайцев. – СПб. : Лань, 2012. – 224 с.
3. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров : учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер ; под ред. А. А. Аскадского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Науч. мир, 2007. – 573 с.

[К содержанию](#)

УДК 539+54

А. И. СЕРЫЙ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ЗАДАЧИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ОБ АТОМЕ ГЕЛИЯ И МОЛЕКУЛЕ ВОДОРОДА: СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ

Молекула водорода и атом гелия – примеры относительно простых квантовых систем, изучаемых в курсах физики атома и квантовой механики. Несмотря на их простоту по сравнению с многоэлектронными атомами и многоатомными молекулами (либо даже двухатомными молекулами, но состоящими из многоэлектронных атомов), они сложны по сравнению с атомом водорода и водородоподобными ионами. Вследствие этого соответствующий учебный материал оказывается, как правило, непростым для усвоения (например, наличие визуально похожих математических выражений при изложении теорий обеих упомянутых систем, как правило, не сопровождается разъяснением отличий между этими выражениями, а самостоятельно выявить эти различия учащиеся не всегда способны). Альтернативный подход к изложению материала, направленный на решение данной проблемы, заключается в использовании сравнительных таблиц. Предложенные ниже таблицы 1–5 составлены на основе сведений из [1, с. 312–328], [2, с. 328–355, 424–431], [3, с. 138–139] и могут быть использованы в образовательном процессе при изучении физики и химии.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика спектров излучения атома гелия и молекулы водорода

Параметр сравнения	Атом гелия	Молекула водорода
Спектр можно сравнить	со спектрами щелочных металлов (ЩМ)	со спектром атома водорода
Особенности расположения уровней энергии	Уровни парагелия – синглетные, уровни ортогелия с тем же набором квантовых чисел n , l , m (если принцип Паули не запрещает существование таких состояний) – триплетные, их энергия ниже	Электронные (в пределе диссоциации – как у двух изолированных атомов водорода), колебательные (разность между ними меньше, чем между электронными) и вращательные (разность еще меньше) уровни энергии
Особенности спектра	По две серии с теми же названиями, что и у ЩМ, причем каждая серия парагелия синглетная, а каждая серия ортогелия – триплетная	Электронно-колебательные, колебательно-вращательные и вращательные полосы (в соответствии с общей теорией молекулярных спектров)

Таблица 2 – Сравнительная характеристика состояний атома гелия и молекулы водорода

Параметр сравнения	Атом гелия	Молекула водорода
1.1. Основное состояние (ОС) для пары электронов	Синглетное	Синглетное
1.2. Необходимость вычисления обменных интегралов в ОС	Нет, т. к. обменный интеграл совпадает с кулоновским	Да
2.1. Почему основное состояние не является триплетным	Это приводит к одинаковому набору всех четырех квантовых чисел у обоих электронов, что запрещено принципом Паули	Принцип Паули не допускает, чтобы плотность вероятности нахождения обоих электронов вблизи плоскости симметрии молекулы была большой, поэтому кулоновское отталкивание протонов приводит к распаду молекулы
2.2. Объяснение математической точки зрения	Волновая функция обращается в ноль	График зависимости энергии молекулы от расстояния между протонами не имеет локального минимума
3.1. Возбужденные синглетные состояния	Есть	Есть
3.2. Возбужденные триплетные состояния	Есть (если разрешены принципом Паули; их энергия ниже энергии аналогичных синглетных состояний)	Отсутствуют (объяснение то же, что и в п. 2.1 данной таблицы для молекулы водорода)

Далее используются обозначения: Ψ – волновая функция (далее – ВФ), $E_0 = E_{01} + E_{02}$ – энергия системы в нулевом приближении, $E_{01} = E_{02} = \varepsilon_0$ – энергия отдельного электрона в соответствующем атоме водорода или водородоподобном ионе гелия, E_{1s} – поправка первого порядка к энергии с симметричной пространственной ВФ (т. е. в синглетном по спину состоянии), E_{1a} – поправка первого порядка к энергии с антисимметричной пространственной ВФ (т. е. в триплетном по спину состоянии), C_s и C_a – нормировочные константы для ВФ в соответствующих состояниях, $\hat{V}$ – кулоновский оператор возмущения [1, с. 313, 323], T – обменный интеграл, K – кулоновский интеграл, K_T – обменный кулоновский интеграл, $d\tau_i = dx_i dy_i dz_i$ ($i=1,2$) – элементы объема при вычислении интегралов для i -го электрона.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика уровней ортогелия и парагелия

Параметр сравнения	Парагелий	Ортогелий
Состояние, в котором у обоих электронов $n=1$, $l=m=0$	Разрешено с точки зрения принципа Паули, т. к. $m_{s1} = -m_{s2}$	Запрещено с точки зрения принципа Паули, т. к. $m_{s1} = m_{s2}$
Т. е. может быть основным (нормальным) состоянием	Да, именно так и есть	Нет (в силу замечания выше)
Другие состояния, в которых у электронов одинаковые наборы значений квантовых чисел n, l, m	Разрешены с точки зрения принципа Паули, т. к. $m_{s1} = -m_{s2}$, сравнение их с аналогичными состояниями ортогелия лишено смысла (см. замечание справа)	Запрещены с точки зрения принципа Паули, т. к. $m_{s1} = m_{s2}$
Другие состояния, в которых у электронов различные наборы значений квантовых чисел n, l, m	Разрешены с точки зрения принципа Паули, их энергия выше энергии аналогичных состояний ортогелия	Разрешены с точки зрения принципа Паули, их энергия ниже энергии аналогичных состояний парагелия
Частотный диапазон спектральных серий	Преимущественно ультрафиолетовая часть спектра	Инфракрасная и видимая части спектра
В S-состоянии	диамагнитен, не обнаруживает зеемановского расщепления	парамагнитен, обнаруживает зеемановское расщепление

Таблица 4 – Сравнительный анализ волновой функции в двух задачах

Параметр сравнения	Задача об атоме гелия	Задача о молекуле водорода
Одночастичные ВФ	$\psi_1^0(1), \psi_1^0(2), \psi_k^0(1), \psi_k^0(2)$	$\psi_A(1), \psi_A(2), \psi_B(1), \psi_B(2)$
Симметричная ВФ	$\psi_s^0(1,2) = C_s (\psi_1^0(1)\psi_k^0(2) + \psi_k^0(1)\psi_1^0(2))$	$\psi_s^0(1,2) = C_s (\psi_A(1)\psi_B(2) + \psi_B(1)\psi_A(2))$
Антисимметричная ВФ	$\psi_a^0(1,2) = C_a (\psi_1^0(1)\psi_k^0(2) - \psi_k^0(1)\psi_1^0(2))$	$\psi_a^0(1,2) = C_a (\psi_A(1)\psi_B(2) - \psi_B(1)\psi_A(2))$
C_s	$(2(1+T))^{-1/2}$	
C_a	$(2(1-T))^{-1/2}$	
T	$\int \psi_1^{0*}(2)\psi_1^0(1)\psi_k^{0*}(2)\psi_k^0(1)d\tau_1d\tau_2$	$\int \psi_A^*(1)\psi_A(2)\psi_B^*(2)\psi_B(1)d\tau_1d\tau_2$

Таблица 5 – Составляющие энергии в двух задачах

Величина	Задача об атоме гелия	Задача о молекуле водорода
E_{1s}	$\int \psi_s^{0*}(1,2) \hat{V} \psi_s^0(1,2) d\tau_1 d\tau_2 = \int \hat{V} \psi_s^0(1,2) ^2 d\tau_1 d\tau_2 = (K + K_T)/(1+T)$	
E_{1a}	$\int \psi_a^{0*}(1,2) \hat{V} \psi_a^0(1,2) d\tau_1 d\tau_2 = \int \hat{V} \psi_a^0(1,2) ^2 d\tau_1 d\tau_2 = (K - K_T)/(1-T)$	
K	$\int \hat{V} \psi_1^0(1) ^2 \psi_k^0(2) ^2 d\tau_1 d\tau_2$	$\int \hat{V} \psi_A(2) ^2 \psi_B(1) ^2 d\tau_1 d\tau_2$
K_T	$\int \hat{V} \psi_1^0(1) \psi_k^{0*}(1) \psi_k^0(2) \psi_1^{0*}(2) d\tau_1 d\tau_2$	$\int \hat{V} \psi_A^*(1) \psi_A(2) \psi_B^*(2) \psi_B(1) d\tau_1 d\tau_2$

В статье предполагалось, что ядро атома гелия является альфа-частицей (два протона и два нейтрона, спин нулевой), а ядра обоих атомов молекулы водорода – протонами. Статья является дополнением к публикациям [4], [5] по затрагиваемой проблеме.

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. Шпольский, Э. В. Атомная физика : в 2 т. / Э. В. Шпольский. – 4-е изд., перераб. – М. : Наука, 1974. – Т. 2 : Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. – 448 с.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие : в 3 т. / И. В. Савельев. – 3-е изд., испр. – М. : Наука, 1987. – Т. 3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 320 с.
4. 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 : Наука и Просвещение, 2023. – С. 158–160.
5. Серый, А. И. О сравнительной характеристике задач квантовой механики об атоме гелия и молекуле водорода / А. И. Серый // Менделеевские чтения – 2024 : 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. – С. 278–280. – URL: <http://rep.brsu.by/handle/123456789/10067> (дата обращения: 21.01.2025).

[К содержанию](#)

УДК 577.175.1:576.353

А. Н. ТАРАСЮК, В. В. САВЧУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТА
2-МОНОСАЛИЦИЛАТА 24-ЭПИКАСТАСТЕРОНА НА
МИТОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КЛЕТОК КОРНЕВОЙ
МЕРИСТЕМЫ ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО**

Создание эффективных химических и биологических регуляторов роста растений относится к актуальному современному направлению научного поиска, т. к. применение их в мизерных дозах может быть весьма эффективным для стимулирования ростовых процессов и защиты растений от абиотических стрессов [1]. К природным регуляторам роста растений относятся брассиностероиды, положительное влияние которых на рост и развитие растений, а также на устойчивость к действию неблагоприятных факторов среды и болезням установлено для ряда сельскохозяйственных культур [2]. В то же время число веществ этого класса, обладающих значительной ростстимулирующей активностью, весьма ограничено [3]. В связи с этим важной задачей является синтез и испытание новых веществ из класса брассиностероидов, способных оказывать положительное влияние на различные физиолого-биохимические показатели сельскохозяйственных растений. Такими веществами являются конъюгаты природных брассиностероидов с органическими кислотами, биологическая активность которых остается малоизученной.

Для оценки биологической активности регуляторов роста растений используются различные физиологические показатели: всхожесть и энергия прорастания семян, интенсивность начального роста проростков, активность ферментов, содержание хлорофилла и др. [3]. Одним из важных параметров, характеризующих влияние биологически активных соединений на ростовые процессы, является митотическая активность клеток меристематических тканей [4]. Это связано с тем, что рост растений тесно коррелирует с процессами деления клеток, поэтому влияние регуляторов роста растений на митотическую активность клеток меристемы отражает их действие на ростовые процессы в целом.

Целью данного исследования является оценка влияния 24-эпикастастерона и его конъюгата с салициловой кислотой 2-моносалицилата 24-эпикастастерона на митотическую активность клеток корневой меристемы ячменя обыкновенного.

В работе использовали семена ячменя обыкновенного сорта Щедрый. Воздействия осуществляли растворами 24-эпикастастерона (далее – ЭК) и 2-моносалицилата 24-эпикастастерона (S23) в концентрациях 10^{-11} , 10^{-10} , 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} и 10^{-6} Моль/л (М) путем замачивания семян в растворах соответствующих концентраций в течение 5 часов.

Проращивание семян проводили согласно ГОСТ 12038-84 [5]. По достижении корешками длины 1,5–2 см, примерно через 2–3 суток после начала проращивания, их фиксировали в свежеприготовленном спиртукусном (3 : 1) фиксаторе. Цитологические препараты корневой меристемы готовили общепринятым ацетоорсеиновым методом [6].

Анализ препаратов с целью определения митотической активности клеток осуществляли на микроскопе Микмед 5 при увеличении 15×40 . В каждом варианте опыта исследовали препараты 5–6 корешков. Для каждого корешка в трех полях зрения проводили подсчет числа клеток, находящихся на стадиях интерфазы (И), профазы (П), метафазы (М), анафазы (А) и телофазы (Т) соответственно. Митотический индекс (МИ), измеряемый в промилле (‰), рассчитывали по следующей формуле (1) [6]:

$$\text{МИ} = \frac{\text{П} + \text{М} + \text{А} + \text{Т}}{\text{П} + \text{М} + \text{А} + \text{Т} + \text{И}} \cdot 1000.$$

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием программы Microsoft Excel. Рассчитывали средние значения митотического индекса и стандартные ошибки средних. Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента [7]. Полученные результаты представлены на рисунках 1 и 2.

Как следует из рисунка 1, митотический индекс в контроле составляет 86,36 ‰. ЭК в концентрации 10^{-11} М не оказывает влияния на данный показатель. При действии ЭК в концентрациях 10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М наблюдается увеличение МИ до значений 100,43, 133,01 и 103,79 ‰ соответственно. Для концентраций ЭК 10^{-9} и 10^{-8} М такое увеличение является достоверным (при $P < 0,05$ и $0,001$). Более высокие концентрации ЭК, напротив, вызывают снижение митотического индекса с 86,36 ‰ в контроле до 76,79 ‰ при концентрации 10^{-7} М и 62,61 ‰ при концентрации 10^{-6} М (отличия от контроля достоверны при $P < 0,05$ и $0,001$ соответственно).

Из данных, приведенных на рисунке 2, следует, что, как и в случае с ЭК, S23 в концентрации 10^{-11} М не оказывает влияния на митотическую активность клеток корневой меристемы. При действии S23 в концентрациях 10^{-10} и 10^{-9} М наблюдается увеличение МИ с 86,36 ‰ в контроле до 107,59 и 112,13 ‰ в опытных вариантах.

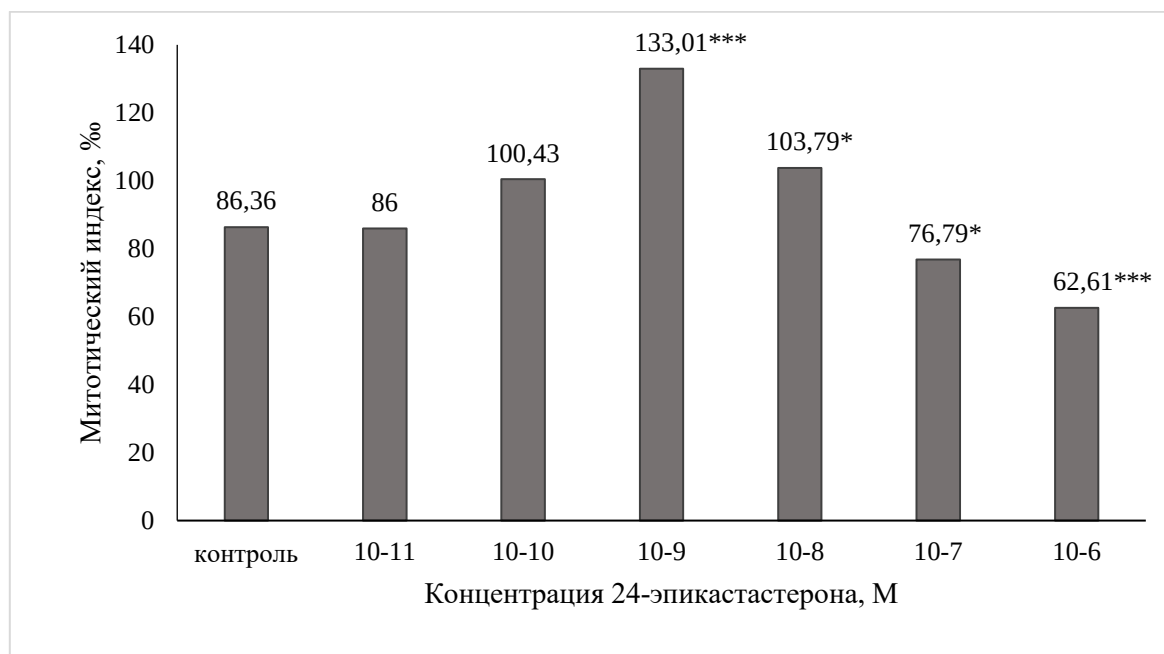


Рисунок 1 – Влияние 24-эпикастастерона (ЭК) на митотическую активность клеток корневой меристемы ячменя

*, *** – отличия от контроля достоверны при $P < 0,05$, $0,001$ соответственно

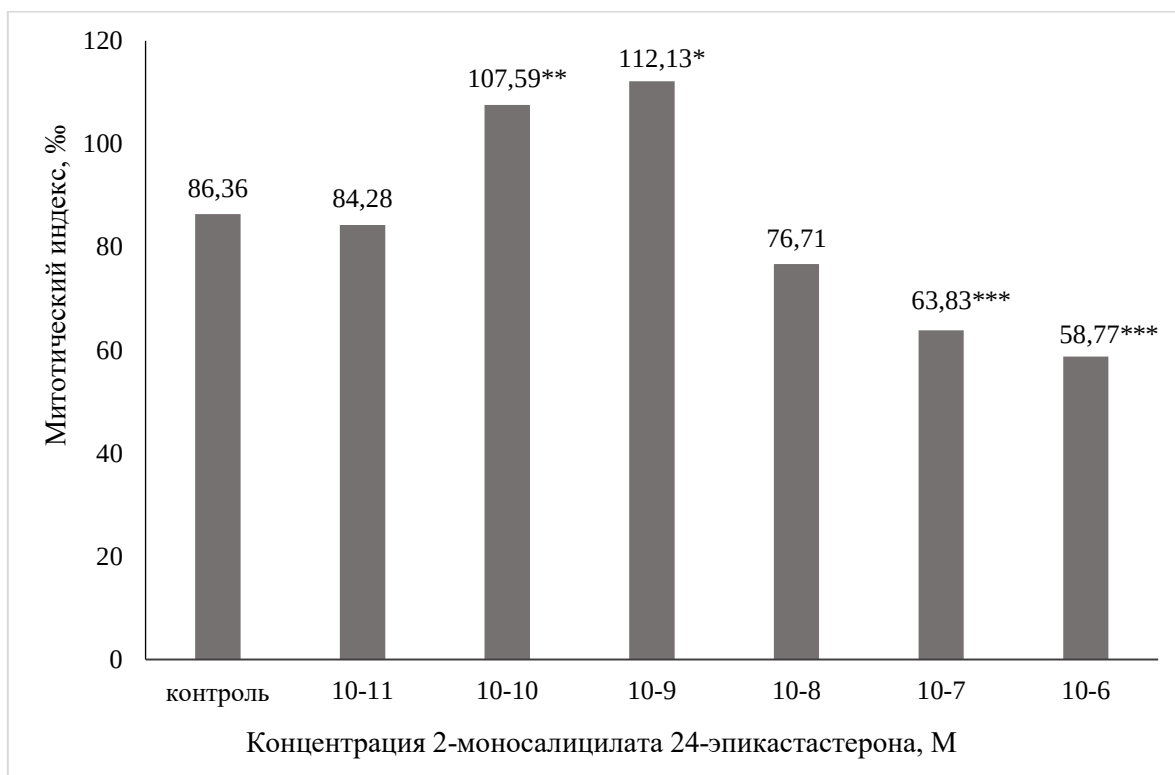


Рисунок 2 – Влияние 2-моносалицилата 24-эпикастастерона (S23) на митотическую активность клеток корневой меристемы ячменя

, * – отличия от контроля достоверны при $P < 0,01$, $0,001$ соответственно

При этом эффект влияния S23 на митотическую активность является достоверным (при $P < 0,01$ и $0,05$ для концентраций 10^{-10} и 10^{-9} М соответственно). S23 в более низких концентрациях (10^{-8} , 10^{-7} и 10^{-6} М) вызывает снижение митотического индекса до значений 76,71, 63,83 и 58,77 ‰ (в контроле 86,36 ‰). Для концентраций S23 10^{-7} и 10^{-6} М такое снижение является высокодостоверным ($P < 0,001$).

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что как 24-эпикастастерон (ЭК), так и его конъюгат 2-моносапицилат 24-эпикастастерона (S23) в низких концентрациях (10^{-11} М) не оказывают влияния на митотическую активность клеток корневой меристемы ячменя обыкновенного, в концентрациях 10^{-10} , 10^{-9} увеличивают ее, а при концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М вызывают снижение исследуемого показателя. Наибольшим стимулирующим эффектом обладают вещества в концентрации 10^{-9} М.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка влияния природных брассиностероидов 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. (номер госрегистрации 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Князева, Т. В. Регуляторы роста растений в Краснодарском крае : монография / Т. В. Князева. – Краснодар : ЭДВИ, 2013. – 128 с.
2. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
3. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза, Е. Г. Артемук, А. П. Колбас [и др.] ; под общ. ред. С. Э. Карозы ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2019. – 261 с.
4. Дмитриева, С. А. Митотический индекс меристематических клеток и рост корней гороха *Pisum sativum* при действии модуляторов инозитольного цикла / С. А. Дмитриева, Ф. В. Минибаева, Л. Х. Гордон / Цитология. – 2006. – Т. 48, № 6. – С. 475–479.
5. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартинформ, 2011. – 29 с.
6. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Агропромиздат, 1988. – 271 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 72.025.4(476.7)

Э. А. ТУР, Е. Ю. РУСАК

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА
«ЗДАНИЕ ПОЧТЫ В Г. ЛИДЕ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ»
КАК ОБЪЕКТА ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Последние годы Республика Беларусь активно занимается восстановлением архитектурного наследия, вкладываются колоссальные ресурсы в его поддержание и сохранение. Проведена большая работа по реставрации и восстановлению сотен объектов историко-культурного наследия с целью поддержания их надлежащего технического состояния. На государственном уровне эти задачи решаются в рамках ряда государственных программ и локальных инвестиционных проектов. Кроме того, мероприятия по охране историко-культурного наследия, в том числе ремонтно-реставрационные работы на историко-культурных ценностях, финансируются за счет средств фонда Президента Республики Беларусь при поддержке Министерства культуры.

Одним из объектов историко-культурного наследия является здание почты в г. Лиде по ул. Мицкевича, 8. Здание почты в Лиде – памятник архитектуры первой половины XX в. После окончания польско-советской войны и заключения Рижского мирного договора между Польшей и Советской Россией в 1921 г. земли Западной Белоруссии, в том числе и лидская земля, отошли к Польше. Уже в начале 20-х гг. польские власти интенсивно восстанавливали разрушенное войной почтовое хозяйство. Почта размещалась в старом дореволюционном деревянном здании. Поэтому власти Виленского почтового округа и местные городские власти совместными усилиями в середине 30-х гг. начали строить в Лиде новое здание почты по английскому проекту. В 1938 г. почта города переселилась в новое благоустроенное здание.

Здание почты является недвижимым объектом историко-культурного наследия 2-й категории (историко-культурная ценность, имеющая национальное значение) и включено в охранный реестр – Государственный список историко-культурных ценностей Республики Беларусь [1; 2].

Кодексом о культуре Республики Беларусь 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 исторических зданиях.

Авторами были проведены комплексные научные исследования здания почты в г. Лиде. Исследовались штукатурные известково-песчаные и известково-цементно-песчаные растворы согласно известным методикам [3–6]. Цвета лакокрасочных покрытий и отделочных составов, применяемых в настоящее время архитекторами-реставраторами в Республике Беларусь, указаны по каталогу 3D plus компании CAPAROL. Цвет покрытия определялся путем визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской. Для устранения метаметрии определение цвета проводилось при рассеянном естественном освещении [6].

В результате проведенных исследований были выявлены основные аутентичные штукатурные растворы и окрасочные составы. Было установлено, что соответствующие аутентичные штукатурные известково-песчаные растворы практически не отличаются друг от друга соотношением компонентов и составом.

Характеристика аутентичного штукатурного раствора, обнаруженного на боковом фасаде здания: известково-песчаный раствор желтовато-серого цвета с количественным соотношением компонентов 1 : 3. 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 31,0 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 42,0 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 17,0 %. Содержание фракции с размером частиц 1–2 мм составило 6,5 %, фракции с размером частиц более 2 мм – 3,5 %. Минеральный состав заполнителя: полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. Отмечены отдельные включения извести размером 1–2 мм.

Характеристика аутентичного штукатурного раствора, обнаруженного на главном фасаде здания: известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 2,5–1 : 3. 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 22,0 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 64,0 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 10,0 %. Содержание фракции с размером частиц 1–2 мм составило 3,0 %, фракции с размером частиц более 2 мм составило 1,0 %. Минеральный состав заполнителя: полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый

песок. Отмечены отдельные включения извести размером 1–2 мм. Песок, использованный для приготовления данного штукатурного раствора, отличается от всех песков, использованных для приготовления других растворов исследованного объекта (имеет не желтовато-серый, а белый цвет, и большое количество мелкой фракции – 64,0 %). Вероятно, он был привезен из другого карьера.

Важным моментом в исследованиях являлось определение аутентичного цветового решения фасадов здания. Опыт показывает, что очень часто аутентичное цветовое решение может кардинально отличаться от последних ремонтов [7; 8]. В результате проведенных исследований определено, что аутентичное цветовое решение фасадов здания действительно кардинально отличается от последнего современного ремонта. Первоначально и основная плоскость стены первого этажа дворового фасада, и основная плоскость стены первого этажа главного фасада были окрашены составом желтовато-бежевого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Ginster 115.

Здание почты неоднократно штукатурилось и перекрашивалось составами на минеральной основе. Окрасочные работы в раннее время производились составами на минеральной основе, а в позднее время – составами на основе полимерного пленкообразующего. 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 рекомендуется уделить ремонту кровли и водосточных систем. У некоторых исследованных современных известково-цементно-песчаных растворов наблюдается достаточно высокое значение рН (около 10,51) водной вытяжки раствора. Это свидетельствует о том, что протекает гидролиз составляющих цементного камня вследствие присутствия влаги. Так как повышенное значение рН наблюдается у самых поздних составов, находящихся ближе всего к наружному лакокрасочному покрытию, не имеет место движение влаги по капиллярам (по стенам здания) из почвы, связанное с недостаточной гидроизоляцией фундаментов. В данном случае влага (атмосферные осадки) попадает в раствор через разрушенное финишное лакокрасочное покрытие на полимерной основе. Особенно это заметно на углах здания.

Практика показывает, что углы здания подвергаются разрушению гораздо чаще, чем основная плоскость стены фасада, вследствие неправильной работы водостоков, неправильного устройства кровли, а также износа или поломки водосточных систем (т. е. дождевая вода практически стекает по наружной стене). Наружная стена постоянно

влажная осенью и весной, при достаточно низких плюсовых температурах в течение светового дня не высыхает. Из-за постоянного присутствия влаги протекает процесс гидролиза, что ведет к повышению pH среды. Деструкции подвергается также и окрасочный состав [4; 7; 8].

Внедрение результатов научно-исследовательской работы в проектирование и производство позволило обеспечить принятие научно обоснованных решений при разработке проектно-сметной документации и проведении всех видов работ на конкретном недвижимом объекте историко-культурного наследия.

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. – Мінск : Нац. цэнтр прававой інфарм. Рэсп. Беларусь, 2016. – 272 с.

3. Скальный, В. С. Проблемы сохранения, причины разрушения и первичное обследование недвижимых памятников архитектуры и истории : монография / В. С. Скальный, Е. В. Косыгин. – Орел : ГАУ, 2003. – 201 с.

4. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйн-медиа, 2006. – 320 с.

5. Ивлиев, А. А. Реставрационные строительные работы / А. А. Ивлиев, А. А. Калыгин. – М. : ПрофОбрИздат, 2001. – 272 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. : Пэйн-Медиа, 2004. – 548 с.

7. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э. А. Тур, С. В. Басов, Е. В. Счасная, В. В. Тричик // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 1. – С. 147–152.

8. Свято-Рождества-Богородицкая церковь-крепость оборонительного типа в д. Мурованка Гродненской области как объект историко-культурного наследия Республики Беларусь / Э. А. Тур, Е. В. Счасная, С. В. Басов [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология), экономические науки. – 2023. – № 2. – С. 32–38.

[К содержанию](#)

УДК 547.756+547.743.1+547.58+547.512

Д. И. ФРАНТОВ^{1, 2}, И. В. МИНЕЕВА^{1, 2}¹Беларусь, Минск, БГУ²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ**ВЛИЯНИЕ ПРОТОННЫХ КИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
НА РЕГИОСЕЛЕКТИВНОСТЬ РЕАКЦИИ 1,3-ДИПОЛЯРНОГО
ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ АЗОМЕТИН-ИЛИДА
К БЕНЗИЛИДЕНАЦЕТОФЕНОНУ**

Спиропирролидин-оксиндолы являются весьма распространенными соединениями среди природных веществ с ярко выраженной биологической активностью, в частности алкалоидов (рисунок 1) [1; 2]. Присутствие оксиндольного фрагмента придает данным соединениям противоопухолевую, противовирусную и противотуберкулезную активность [3]. Пирролидиновое ядро, в свою очередь, является важнейшим фармакофором, встречающимся в различных лекарственных препаратах, среди которых противосудорожные, антибактериальные, антигрибковые, противомаларийные, противовоспалительные, гипертонические, противоэпилептические, противодиабетические и др. [4].

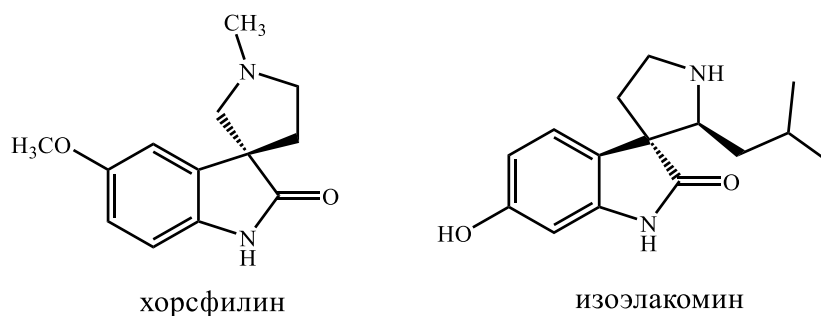


Рисунок 1 – Структурные формулы некоторых алкалоидов, содержащих спиропирролидин-оксиндольный фрагмент

Цель данной работы заключалась в изучении влияния добавок каталитических количеств кислот Бренстеда на выход спиропирролидин-оксиндолов и на региоселективность их получения по реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения азометин-илида к α,β -ненасыщенным карбонильным соединениям.

Региоизомерные спиропирролидин-оксиндолы **1a** и **1b** получали смешением эквивалентных количеств бензилиденацетофенона **2**, изатина **3**, и бензиламина **4** в соответствующем растворителе (рисунок 2, таблица).

Сгенерированный *in situ* из **3** и **4** азометин-илид вступал в реакцию 1,3-диполярного циклоприсоединения к кратной углерод-углеродной связи **2**. Теоретическое рассмотрение механизма реакции предполагает образование двух региоизомерных продуктов в двух диастериомерных формах, однако, согласно литературным данным [5; 6], за счет зарядового контроля и предпочтительности эндо-переходных состояний, образуется лишь два региоизомерных продукта **1a** и **1b**, первый из которых является основным.

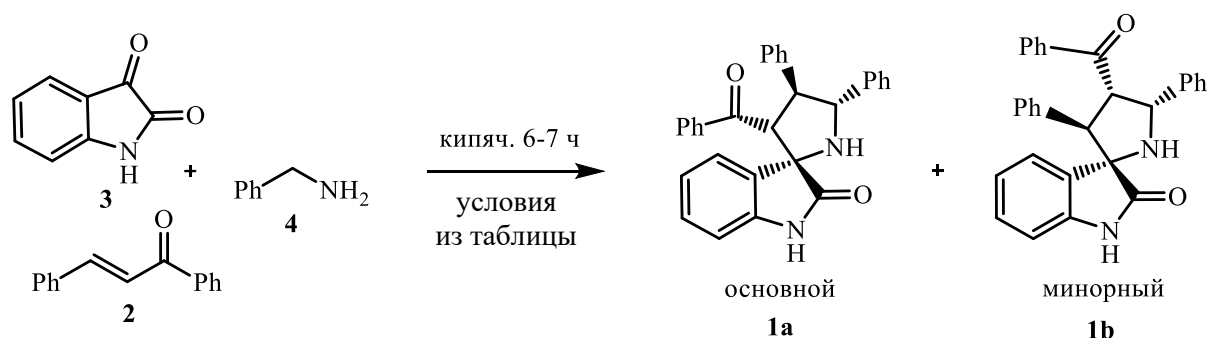


Рисунок 2 – Схема получения двух региоизомерных спиропирролидин-оксидолов **1a** и **1b**

Таблица – Условия проведения реакции, соотношение региоизомеров и выход

Растворитель	Катализатор	Соотношение региоизомеров 1a : 1b	Выход, %
MeOH	—	5 : 1	40
EtOH	—	24 : 1	36
<i>i</i> -PrOH	—	19 : 1	54
EtOH	гемимеллитовая кислота, 5 мол. %	43 : 1	48
EtOH	<i>n</i> -нитробензойная кислота, 5 мол. %	42 : 1	47
EtOH	(+)-камфора-10-сульфо-кислота, 5 мол. %	40 : 1	45
EtOH	<i>o</i> -бензоилбензойная кислота, 5 мол. %	25 : 1	49
EtOH	<i>n</i> -толуолсульфо-кислота, 5 мол. %	11 : 1	49
EtOH	3,4,5-тридецилоксибензойная кислота, 5 мол. %	10 : 1	63*
ТГФ	<i>n</i> -нитробензойная кислота, 5 мол. %	15 : 1	32
ТГФ	<i>n</i> -нитробензойная кислота, 100 мол. %	9 : 1	60*

Примечание – * – выход смеси продуктов **1a**, **b** и неидентифицированного продукта.

Отношение региоизомеров оценивалось по интегральному соотношению сигналов протонов ароматического фрагмента в ^1H ЯМР-спектре в виде дублетов с химическими сдвигами 6,40 м.д. и 6,55 м.д.,

а также по соотношению сигналов протонов, связанных с атомом азота оксиндольного ядра в виде синглетов с химическими сдвигами 10,38 м.д. и 9,95 м.д. Метод газовой хроматографии с масс-детектированием оказался непригоден для обнаружения региоизомеров ввиду высокой молекулярной массы соединений и их низкой летучести.

Проведение реакции в отсутствие катализатора приводило к образованию смеси региоизомерных продуктов, причем использование наиболее полярного метанола увеличивало выход минорного региоизомера **1b**. Использование этанола в качестве растворителя привело к наибольшему выходу региоизомера **1a**, благодаря чему этот растворитель был выбран в качестве основного для дальнейшего исследования кислотного катализа. Среди протонных кислот наилучший результат показали (+)-камфора-10-сульфокислота, гемимеллитовая и *n*-нитробензойная кислоты, увеличив соотношение основного региоизомера **1a** по отношению к минорному **1b** в сравнении с реакцией в этаноле без катализатора. Использование хирального катализатора (+)-камфора-10-сульфокислоты не привело к изменению стереохимической конфигурации продуктов. Использование 1 эквивалента *n*-нитробензойной кислоты вместо каталитического количества при проведении реакции в тетрагидрофуране практически не изменило соотношение региоизомеров. Производное слабой галловой кислоты понизило соотношение региоизомеров в смеси, а также привело к образованию побочного неидентифицированного продукта. В общем случае корреляции соотношения региоизомеров **1a : 1b** и силы кислот не наблюдалось, однако во всех случаях выход продуктов увеличивался по сравнению с проведением реакции в этаноле без катализатора. По всей видимости, наилучшими кандидатами выступили кислоты, способные максимально эффективно образовывать водородные связи с одним из переходных состояний реакции.

На основании полученных данных о влиянии кислотных катализаторов в реакцию 1,3-диполярного циклоприсоединения был вовлечен халкон с *gem*-дихлорциклопропановым фрагментом в бензольном кольце **5** (рисунок 3).

Спиропирролидин-оксиндол **6** был получен в качестве единственного продукта с выходом 57 % при использовании (+)-камфора-10-сульфокислоты в качестве катализатора, однако использование *n*-нитробензойной кислоты приводило к появлению побочного продукта в его соотношении к основному 1 : 5. Ввиду отсутствия литературных данных о подобных соединениях, а также недостаточной информативности данных одномерной ЯМР-спектроскопии вопрос о конфигурации соединения остается открытым.

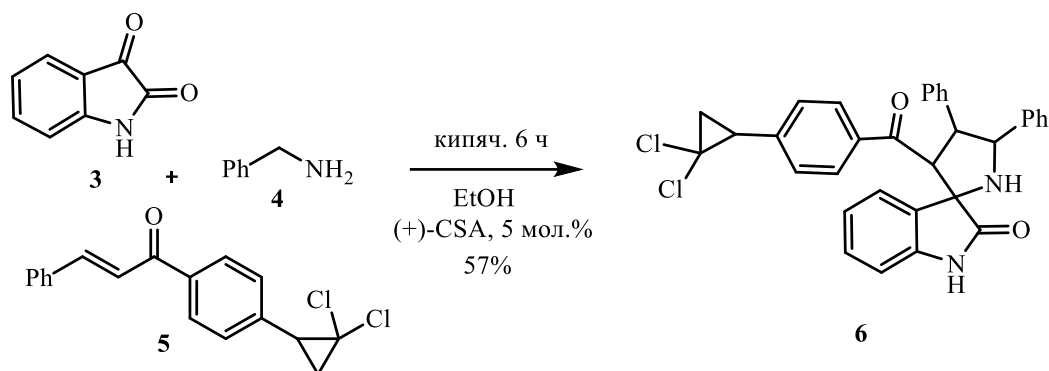


Рисунок 3 – Схема получения соединения 6

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dalpozzo, R. Recent advances in organocatalytic methods for the synthesis of disubstituted 2- and 3-indolinones / R. Dalpozzo, G. Bartoli, G. Bencivenni // *Chemical Society Reviews*. – 2012. – Vol. 41, nr. 21. – P. 7247–7290.
2. Ball-Jones, N. R. Strategies for the enantioselective synthesis of spirooxindoles / N. R. Ball-Jones, J. J. Badillo, A. K. Franz // *Organic & Biomolecular Chemistry*. – 2012. – Vol. 10, nr. 27. – P. 5165–5181.
3. Singh, G. S. Isatins as privileged molecules in design and synthesis of spirofused cyclic frameworks / G. S. Singh, Z. Y. Desta // *Chemical Reviews*. – 2012. – Vol. 112, nr. 11. – P. 6104–6155.
4. Recent insights about pyrrolidine core skeletons in pharmacology / S. Poyraz, H. A. Döndaş, N. Y. Döndaş, J. M. Sansano // *Frontiers in Pharmacology*. – 2023. – Vol. 14. – 16 p.
5. Experimental and theoretical approaches to [1,5]-prototropic generation of an azomethine ylide and a 1,3-dipolar cycloaddition for novel spiropyrrolidine oxindoles synthesis / Y. Sarrafi, M. Hamzehloueian, K. Alimohammadi, S. Yeganegi // *Journal of Molecular Structure*. – 2012. – Vol. 1030, nr. № 26. – P. 168–176.
6. Design and synthesis of new bioisosteres of spirooxindoles (MI-63/219) as anti-breast cancer agents / A. Kumar, G. Gupta, A. K. Bishnoi [et al.] // *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. – 2015. – Vol. 23, nr. 4. – P. 839–848.

[К содержанию](#)

УДК 577.342

Е. И. ХАЛЕЦКАЯ

Беларусь, Гродно, ГрГУ имени Янки Купалы

**ПОЛУЧЕНИЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ВКЛЮЧЕНИЯ НИФЕДИПИНА С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ**

Нифедипин представляет собой 1,4-дигидро-2,6-диметил-4-(2-нитрофенил)-3,5-пиридиндикарбоновой кислоты диметиловый эфир. Эмпирическая формула нифедипина – $C_{17}H_{18}N_2O_2$, молекулярная масса равна 346,335 г/моль. Препарат представляет собой селективный блокатор кальциевых каналов L-типа, относящийся к классу производных 1,4-дигидропиридина, кристаллический порошок желтого цвета, является высокочувствительным к свету препаратом, который требует светозащиты во время производства, хранения и обращения с его лекарственными формами. Нифедипин плохо растворим в этаноле и воде (9,7 мг/л), но хорошо растворим в ДМСО и хлороформе. Температура плавления нифедипина составляет 172–174 °С. Препарат впервые был синтезирован в 1967 г. фармакологами компании «Байер», очень быстро завоевал популярность и в настоящее время является одним из самых часто назначаемых врачами препаратов в кардиологии.

Данный препарат оказывает выраженное вазодилатирующее, антиангинальное и антигипертензивное действие. Механизм его действия заключается в уменьшении поступления ионов кальция в кардиомиоциты и гладкомышечные клетки коронарных и периферических артерий. При высоких дозах нифедипин блокирует высвобождение ионов кальция из внутриклеточных депо. Препарат уменьшает общее периферическое сосудистое сопротивление и постнагрузку на сердце [1; 2]; также снижает сократимость миокарда (мышечную активность сердца), что снижает систолическое давление и приводит к улучшению притока крови к сердцу и снижению его нагрузки [3].

Некоторые исследования показывают, что нифедипин может влиять и на функцию митохондрий. Он способен проникать в клетки и воздействовать на кальциевые каналы митохондрий, что может вызывать изменения в их функции. С точки зрения кальциевого баланса нифедипин может незначительно повысить уровень кальция в крови. Это может произойти из-за уменьшения кальциевого внутрисосудистого тока, вызванного расширением сосудов [4].

Вследствие низкой растворимости нифедипина препарат имеет ограниченную пероральную биодоступность, что является одной

из главных проблем, с которой сталкиваются исследователи в области открытия и разработки новых лекарственных препаратов.

В связи с этим разработка рецептур, направленных на повышение растворимости в воде, приобретает особую важность. Фармацевтическая промышленность использует различные подходы для повышения растворимости и скорости растворения лекарственных средств: физические модификации – микронизация, создание наносуспензий и разработка твердых дисперсий; модификация кристаллической структуры – получение полиморфов, аморфных форм и совместная кристаллизация; химические модификации – образование солей и комплексообразование по типу «гость-хозяин».

При выборе материала для матрицы чрезвычайно важны такие критерии, как безопасность, гипоаллергенность и биодоступность [5; 6]. Циклодекстрины, являясь уникальными природными макроциклами углеводной структуры, полностью удовлетворяют этим требованиям. Размер матрицы, образованной остатками глюкозы, соединенных α -1,4-гликозидными связями, может варьировать в зависимости от количества мономеров в молекуле циклодекстрина, что определяет его тип (α , β , γ и др.) и, соответственно, свойства. Циклодекстрины имеют гидрофобную внутреннюю «полость» и гидрофильную внешнюю поверхность. Это позволяет им инкапсулировать гидрофобные молекулы, такие как нифедипин. Взаимодействие между молекулами происходит за счет гидрофобных сил, водородных связей и возможных ионных взаимодействий [7]. Включение молекул в полость циклодекстринов может улучшить их биодоступность, эффективность, увеличить срок годности, снизить побочные эффекты и др. В то же время А. Беиг и соавторы показали, что повышение растворимости и снижение проницаемости при использовании комплексов включения, обеспечивающих растворимость, может привести к парадоксальным эффектам [8; 9]. Например, использование циклодекстринов может привести как к улучшению, так и неизменности или даже снижению доли абсорбированного вещества [10]. Совсем недавно появились количественные анализы, которые позволяют моделировать взаимодействие растворимости и проницаемости и общий эффект циклодекстринов на трансмембранную проницаемость.

В этой связи цель работы – получить комплексы включения нифедипина с α -, β - и γ -циклодекстринами. Комплексы включения исследуемых молекул получали методом одновременного испарения. Навески нифедипина и циклодекстринов в соотношении 1 : 1 смешивали в 90 %-м этаноле при постоянном вращении в течение 24 часов. Далее растворитель удаляли в роторном испарителе. Последующее высушивание позволило получить кристаллический продукт.

Нами были получены следующие комплексы включения нифедипин- α -циклодекстрин, нифедипин- β -циклодекстрин, нифедипин- γ -циклодекстрин. В последующем планируем оценить растворимость и стабильность полученных комплексов включения, что может сделать эти комплексы перспективными для клинического применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квачахия, Л. Л. Распределение нифедипина в организме теплокровных животных / Л. Л. Квачахия, В. К. Шорманов // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 71–78.
2. Рациональная фармакоанестезиология : рук. для практикующих врачей / А. А. Бунятян, В. М. Мизиков, Г. В. Бабалян [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бунятяна, В. М. Мизикова. – М. : Литтерра, 2006. – С. 228–233.
3. Конради, А. О. 30-летний юбилей нифедипина. Новые исследования открывают новые возможности / А. О. Конради // Артериальная гипертензия. – 2005. – Т. 11, № 1. – С. 59–62.
4. Rabkin, S. W. Nifedipine does not alter the increased cystolic free magnesium during inhibition of mitochondrial function in isolated cardiac myocytes / S. W. Rabkin, N. Freestone, G. A. Quamme // General pharmacology. – 1994. – Vol. 25, nr. 7. – P. 1483–1491.
5. Варламов, В. П. Ферментные системы и технологии получения циклодекстринов / В. П. Варламов // В мире науки. – 2006. – № 11. – С. 80–82.
6. Федорова, П. Ю. Сравнение кинетических свойств различных циклодекстринглюканотрансфераз / П. Ю. Федорова, Е. А. Гильванова, Н. Г. Усанов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5 (3). – С. 203–206.
7. Davis, M. E. Cyclodextrin-based pharmaceuticals: past, present and future / M. E. Davis, M. E. Brewster // Nature reviews. Drug discovery. – 2004. – Vol. 3, nr. 12. – P. 1023–1035.
8. Beig, A. Accounting for the solubility-permeability interplay in oral formulation development for poor water solubility drugs: the effect of PEG-400 on carbamazepine absorption / A. Beig, J. M. Miller, A. Dahan // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2012. – Vol. 81, nr 2. – P. 386–391.
9. Spectroscopic investigations and crystal structure from synchrotron powder data of the inclusion complex of beta-cyclodextrin with atenolol / G. Borodi, I. Bratu, F. Dragan [et al.] // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2008. – Vol. 70, nr. 5. – P. 1041–1048.
10. A pH-dilution method for estimation of biorelevant drug solubility along the gastrointestinal tract: application to physiologically based pharmacokinetic modeling / Y. Gao, R. A. Carr, J. K. Spence [et al.] // Molecular Pharmaceutics. – 2010. – Vol. 7, nr. 5. – P. 1516–1526.

[К содержанию](#)

УДК 581.524.2

Н. В. ШКУРАТОВА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНВАЗИОННЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА *ASTERACEAE*

Инвазионная биология – научное направление, базирующееся на достижениях ряда естественных дисциплин. Изучение и оценка процесса инвазий тех или иных биологических организмов требует понимания морфобиологических, физиологических, биохимических, экологических явлений и процессов.

Современная флора представляет собой совокупность аборигенных и адвентивных видов. Видовое разнообразие флоры ежегодно изменяется в первую очередь за счет активности адвентивного комплекса. Адвентивный комплекс флоры по сравнению с аборигенным является менее стабильным и находится на стадии постоянного активного формирования [1]. В Беларуси интенсификация процесса обогащения флоры адвентивными растениями началась в первой половине XIX в. в связи с закладкой богатыми землевладельцами парков, куда стали привлекаться экзотические растения, некоторые из которых смогли «ускользнуть» из культуры [2].

Распространение адвентивных растений, как правило, приурочено к синантропным местам обитания, они заселяют антропогенные экотопы, где конкуренция со стороны других растений минимальна. Центрами концентрации адвентивных растений в первую очередь являются автодорожные и железнодорожные экотопы, где виды успешно натурализуются, получают широкое распространение и начинают внедряться в другие сообщества. В результате вторичного заноса адвентивные виды оказываются возле жилых домов и хозяйственных построек, на пустырях и свалках и т. п.

В среднем в современной флоре европейских стран почти треть от общего числа видов составляют чужеродные растения, успешно прижившиеся на новой родине. Наиболее агрессивные чужеродные виды, вытесняющие аборигенные виды, выделяют в особую группу инвазионных видов. В начале XX в. в 57 странах мира насчитывалось более 300 инвазионных видов [3].

Под термином «инвазионный вид» понимают «чужеродный вид, чье проникновение и распространение угрожает экосистемам или видам и причиняет экономический или экологический ущерб». Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

разработаны критерии отнесения чужеродных видов диких животных и растений к инвазионным, среди которых на первый план выходит «негативное влияние чужеродного вида на аборигенные виды в результате конкуренции» [4].

Одним из способов негативного влияния чужеродного вида на аборигенные виды при конкуренции является аллелопатия. Впервые аллелопатия описана Г. Молишем на примере разных видов травянистых и древесных растений [5]. Суть этого явления заключается в том, что метаболиты растений, выделяемые в окружающую среду, содержат аллелопатически активные вещества, обеспечивающие химическое взаимодействие различных организмов. При аллелопатии один вид растений выделяет химические вещества, подавляющие развитие других видов растений в сообществе.

Растения могут выделять аллелопатические метаболиты как надземными, так и подземными органами. Все химические вещества, формирующие аллелопатический потенциал растений, можно разделить на три большие группы: вторичные метаболиты растений (органические кислоты, эфирные масла, терпеноиды, алкалоиды, глюкозиды, флавоноиды, различные полифенольные соединения, дубильные вещества, витамины); вещества, которые образуются в процессе отмирания тканей растения (олигопептиды, аминокислоты, амиды кислот, amino- и иминопериодические, индолпроизводные, аммиак и др.); продукты минерализации и гумификации растительных тканей (гуминовые кислоты и их производные) [5]. Состав аллелопатически активных веществ, образуемых растением, видоспецифичен и зависит от генетических особенностей растений. При этом в зависимости от климатических и эдафических условий произрастания аллелопатический потенциал растения будет меняться [6].

Доказано, что аллелопатические вещества способны изменять проницаемость клеточной мембраны. Внутри клетки они изменяют редокс-потенциал протоплазмы, что отражается на активности цитоплазматических ферментов и, следовательно, на метаболических путях и физиологических процессах клеток [5].

Выраженными аллелопатическими свойствами обладает ряд видов из семейства *Asteraceae*, относящихся к списку особо опасных инвазионных видов растений [7; 8], что неоднократно доказано экспериментально [9; 10].

Карантинный сорняк *Ambrosia artemisiifolia* L. впервые появилась в Беларуси в 2003 г. На данный момент на территории страны существуют единичные очаги этого карантинного сорняка. Мощная надземная масса и корневая система растений сильно подавляет культурные растения. Большой расход воды на образование единицы сухого вещества, характерный для растения, приводит к иссушению почвы и резко снижает

ее плодородие. При недостаточном уходе за посевами *Ambrosia artemisiifolia* сильно их заглушает, что приводит к резкому снижению и полной гибели урожая. Аллелопатическое действие вида оказывает угнетающее действие на энергию прорастания семян, всхожесть, силу начального роста яровых зерновых, зернобобовых трав, разнообразных пропашных культур [8; 9].

Золотарники на территории Беларуси представлены комплексом видов – *Solidago canadensis* L. и *Solidago gigantea* Ait., а также межвидовыми гибридами. Первоначально золотарники культивировались в ботанических садах Европы, а затем широко использовались в декоративном садоводстве. Наибольшее распространение золотарников характерно для центральной части Беларуси.

Активному расселению во вторичном ареале группы золотарников также способствует высокая приспособляемость к новым условиям окружающей среды, высокий уровень изменчивости из-за успешной гибридизации, большая репродуктивная способность. Инвазионная активность золотарников коррелирует с их аллелопатической активностью и содержанием в тканях фенольных соединений [10]. Высокий аллелопатический потенциал позволяет золотарникам внедряться даже в практически монодоминантные сообщества *Heracleum sosnowskyi* Manden [8; 10].

Bidens frondosa L. – североамериканский вид, одичавший из культуры. В Беларуси известен с 1955 г. Вид встречается в прибрежных, рудеральных сообществах, нарушенных лесных экосистемах. В южной части Беларуси вид полностью натурализовался. За счет высокой конкурентоспособности и аллелопатической активности *Bidens frondosa* вытесняет из природных сообществ аборигенные, в том числе близкородственные виды – *Bidens tripartita* L. и *Bidens cernua* L. [8].

Родиной *Helianthus tuberosus* L. также является Северная Америка. В Беларуси растение натурализуется в рудеральных местообитаниях, на опушках леса, где образует монодоминантные группировки. Высокая конкурентоспособность обусловлена аллелопатическим действием на аборигенные виды [8].

Таким образом, примером инвазионных видов семейства *Asteraceae* подтверждается тот факт, что способность инвайдеров синтезировать аллелопатические вещества дает им преимущество перед другими видами и способствует их распространению. Однако способность к выделению аллелопатических метаболитов не является специфической особенностью, присущей исключительно инвазионным видам растений.

Исследования аллелопатических воздействий инвазионных растений в естественных и захваченных сообществах демонстрируют доказательства роли аллелопатии как основы эволюции видов, возникновения, развития и смены растительных сообществ [6; 7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савчук, С. С. Адвентивный комплекс видов флоры Брестского Полесья / С. С. Савчук // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2012. – № 2. – С. 21–26.
2. Дубовик, Д. В. Адвентивные виды растений во флоре Беларуси и их инвазионных потенциал / Д. В. Дубовик // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира : сб. материалов междунар. науч. конф., Минск – Нарочь, 23–26 сент. 2014 г. / редкол.: А. В. Пугачевский [и др.]. – Минск : Экоперспектива, 2014. – С. 100–102.
3. Куikliна, А. Г. Фитоинвазии: опасность и экологические последствия / А. Г. Куikliна, Ю. К. Виноградова // Наука и жизнь. – 2015. – № 5. – С. 107–112.
4. Критерии отнесения чужеродных видов диких животных и растений к инвазивным : приказ М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды от 3 окт. 2016 г. № 264-ОД. – URL: <https://drogichin.brest-region.gov.by/ru/2010-10-29-09-28-26-410-ru/view/2016-10-19-13-53-40-2000001270> (дата обращения: 05.02.2025).
5. Кропова, Ю. Г. Аллелопатическая активность эфирномасличных растений / Ю. Г. Кропова, Е. А. Козлова, А. Н. Ховрин // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. – 2022. – № 24. – С. 23–33.
6. Демина, О. С. Эффект корневых выделений культурных растений на рост сорных видов / О. С. Демина, Ю. С. Ларикова, М. Н. Кондратьев // Природа. – 2018. – № 1. – С. 59–64.
7. Кондратьев, М. Н. Роль аллелопатии в инвазии растительных видов (обзор) / М. Н. Кондратьев, Ю. С. Ларикова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – Вып. 2. – С. 48–61.
8. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д. В. Дубовик, С. А. Дмитриева, Н. А. Ламан [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова, А. В. Пугачевского ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купровича. – Минск : Беларус. навука, 2020. – 407 с.
9. Глубшева, Т. Н. Аллелопатия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) / Т. Н. Глубшева, Е. Н. Карпушина // Научные ведомости. – 2009. – № 11 (66). – С. 5–9.
10. Аллелопатическая активность растений из рода Золотарник / В. Н. Прохоров, М. М. Сак, А. В. Бабков [и др.] // Экологическая культура и охрана окружающей среды: IV Дорофеевские чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 29 нояб. 2024 г. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2024. – С. 149–151.

[К содержанию](#)

УДК 504.4.062.2

А. В. ШПИГУН, М. Я. ХВЕЩУК, Н. В. ЛЕВЧУК

Беларусь, Брест, БрГТУ

ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА И НИТРАТОВ

По данным ВОЗ, в мире ежегодно около 7 % всех случаев смерти и болезней людей во всем мире происходят из-за загрязнения воды. Из них ежедневно около 6000 детей умирают от болезней, которые можно предотвратить путем улучшения санитарно-гигиенических условий. Всего же в мире более 40 % населения планеты живет в районах, испытывающих нехватку воды.

За 1961–2009 гг. на территории Республики Беларусь разведано 282 участка месторождения для хозяйственно-питьевого водоснабжения 106 населенных пунктов с эксплуатационными запасами пресных подземных вод в количестве 7065,0 тыс. м³ в сутки. Активно используются 183 водозабора, 99 являются резервными. По данным государственного водного кадастра, в 2009 г. из 20 тыс. эксплуатационных скважин отбиралось 2,35 млн м³ воды в сутки, из которых на водозаборах с утвержденными запасами из 1,9 тыс. эксплуатационных скважин отбиралось 1,35 млн м³ воды в сутки. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 г. разработана в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь, Законом Республики Беларусь от 14 ноября 2005 г. «Об утверждении основных направлений внутренней и внешней политики Республики Беларусь».

Санитарно-гигиеническое состояние подземных вод на действующих водозаборах в основном отвечает установленным требованиям, за исключением повышенного содержания железа и марганца, в отдельных случаях бора и некоторых других компонентов природного происхождения. Природными факторами обусловлено повышенное содержание, прежде всего, соединений железа в поверхностных и подземных водах, что является следствием высокого содержания этих элементов в комплексах водовмещающих пород и почв.

На участках, испытывающих антропогенное воздействие, отмечена тенденция к увеличению содержания в воде аммония, нитратов, хлоридов и других компонентов.

Повышенное содержание железа, соединений меди и марганца, обусловленное высоким региональным фоном этих металлов в природной среде, в наибольшей степени характерно для водных объектов бассейна

р. Припяти. Сохраняется проблема загрязнения отдельных участков водотоков, расположенных ниже промышленных центров.

Часто встречаемыми веществами – загрязнителями воды являются нитраты и железо.

Нитраты – это соли азотной кислоты, имеющие в своей формуле NO_3 , например нитрат натрия (NaNO_3), меди (CuNO_3), аммония ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$), кальциевая селитра (CaNO_3) и др. Большинство из них растворимы в воде и являются минеральными удобрениями. Часть из них не усваивается растениями и с атмосферными осадками проникает в подземные горизонты или смываются в поверхностные водоемы.

Источниками нитратов зачастую являются отходы и стоки. Некачественно очищенные сточные воды являются одним из источников нитратов. Они попадают в воду вместе с отходами человеческой деятельности.

Соли азотной кислоты часто применяются в промышленности. Их используют на пищевых производствах, при производстве стекла, металлов и другой продукции. В пищевой промышленности, например, применяется нитрат натрия (E251). Он является разрешенной пищевой добавкой и используется в качестве консерватора.

Определить наличие нитратов в продуктах или в воде возможно лишь с помощью химического анализа, ведь их наличие никак не отражается на вкусовых качествах. Использование нитратов в продуктах строго ограничено, а ВОЗ установлена безопасная концентрация дневного максимума в 5 мг на 1 кг веса, но не более 650 мг в сутки.

Попадая в организм человека, нитрат-ионы вступают в реакцию с гемоглобином и окисляют железо в нем, из-за чего красные кровяные тельца начинают хуже транспортировать кислород к тканям и органам. Последствием этого процесса является снижение иммунитета, а также нарушение обмена веществ. Постоянное воздействие на организм человека нитратов приводит к заболеванию метгемоглобинемии.

Для борьбы с проблемой загрязнения сточных вод нитратами были разработаны различные методы очистки.

Метод ионного обмена для очистки нитратов

Процесс ионного обмена происходит благодаря наличию на поверхности сорбента фиксированных ионов, которые обмениваются с ионами нитратов. При этом ионы нитратов присоединяются к поверхности сорбента, а на его место высвобождаются фиксированные на нем ионы.

Для проведения процесса ионного обмена необходимо иметь специальную установку, состоящую из нескольких колонн, в которых размещены сорбенты. Сток нитратосодержащей воды подается на колонны, проходит через сорбенты, и в результате происходит ионный обмен.

Ионы нитратов, улавливаемые сорбентами, могут быть удалены или выброшены после завершения процесса ионного обмена. Это позволяет использовать сорбенты неоднократно, сокращая затраты на приобретение новых.

Данный метод не подходит для очень концентрированных растворов нитратов или при наличии других примесей в сточной воде. В таких случаях могут использоваться другие методы очистки, сочетаемые с ионным обменом [1].

Применение обратного осмоса для удаления нитратов

При использовании обратного осмоса для удаления нитратов сточная вода подвергается предварительной обработке, включающей фильтрацию и умягчение. Затем она подается под давлением к специальной мембране, способной задерживать нитраты и другие загрязнения.

Мембрана обратного осмоса имеет маленькие поры, которые позволяют проходить только молекулам воды, не допуская проникновение нитратов и других ионов. Таким образом, сточная вода проходит через мембрану, а нитраты остаются на ее поверхности и удаляются вместе с отходами.

Однако необходимо отметить, что процесс обратного осмоса требует поддержания определенного давления для эффективной работы. Также он может быть неэффективным в очистке воды, содержащей высокую концентрацию нитратов или других загрязнений [1].

Электрохимическая очистка сточных вод от нитратов

Этот процесс осуществляется путем применения электрического тока к электродам, которые находятся в контакте со сточной водой. Нитраты, присутствующие в воде, подвергаются электрохимическим реакциям, что позволяет их превратить в более безопасные продукты или удалять их из воды полностью.

Первый этап электрохимической очистки сточных вод от нитратов – это ионизация нитратов под воздействием электрического поля. Это происходит за счет окисления негативно заряженных нитратных ионов и одновременной редукции положительно заряженных ионов, что приводит к образованию оксида азота.

Второй этап электрохимической очистки – это проведение электролиза для удаления оксида азота из раствора. Оксид азота преобразуется в азот и кислород с помощью электрохимических процессов окисления и восстановления, что позволяет эффективно очистить сточную воду от нитратов.

Преимуществом электрохимической очистки сточных вод от нитратов является то, что она не требует использования химических реагентов и не приводит к образованию вредных отходов. Кроме того,

этот метод способен обрабатывать большие объемы воды и обеспечивать высокую степень очистки [1].

Вторым рассматриваемым загрязнителем является железо.

Железо – распространенный загрязнитель сточных вод, и его удаление является важной задачей при проведении процесса очистки. Высокие концентрации железа могут вызывать разнообразные проблемы, такие как появление осадка в водопроводных системах, изменение цвета воды или неприятный запах.

Методика определения содержания железа в сточной воде включает в себя ряд лабораторных исследований и анализов. Один из распространенных методов – это спектрофотометрический анализ, который позволяет количественно определить содержание железа. Данный метод основан на использовании свойств взаимодействия света с веществом и способности железа поглощать определенные длины волн. Также существуют и другие методы анализа.

Колориметрический анализ основан на изменении окраски образца воды при взаимодействии с реагентами. Специфические реактивы образуют окраску в зависимости от концентрации железа. После воздействия реагентов измеряется интенсивность окраски, которая позволяет определить содержание железа в образце.

Комплексометрическое титрование заключается в титровании образца воды специальными реагентами, образующими стабильные комплексы с ионами железа. Титрование продолжается до полного образования комплекса, что позволяет определить точное количество железа в образце.

Определение общего железа в сточных водах является важным шагом для контроля качества воды и выявления степени ее загрязнения. Содержание железа в сточной воде может колебаться в широком диапазоне в зависимости от места происхождения сточных вод [2].

Для эффективного очищения сточных вод от железа применяются различные методы и технологии, включая следующие:

Окисление и фильтрация – окисление железа до более твердых форм с последующим удалением через фильтрацию является широко используемым методом. Окисление железа обычно достигается путем добавления окислителей, таких как хлор или кислород, в сточную воду. Образующийся осадок затем удаляется путем фильтрации через средства фильтрации, например через песчаный фильтр или фильтры с активированным углем.

Электрокоагуляция является электрохимическим процессом, который включает применение постоянного или переменного электрического тока для удаления различных загрязнений, в том числе железа, из сточных вод. В результате воздействия электрического поля

происходит образование флокулянтов, которые группируют загрязнения, облегчая их отделение.

Коагуляция-флотация представляет собой процесс, включающий добавление коагулянтов в сточную воду, чтобы сгруппировать мельчайшие частицы железа в виде флокулянтов. Затем вода проходит через процесс флотации, где воздушные пузырьки прикрепляются к флокулянтам и поднимают их на поверхность, создавая сгусток, который можно легко удалить.

Использование ионообменных смол: катиониты и аниониты могут быть использованы для удаления ионов железа из сточных вод. Избыточные ионы железа замещаются на смоле, а затем смола регенерируется с помощью раствора соли или кислоты. Этот процесс может быть эффективным, но требует дополнительных операций по обслуживанию и регенерации ионообменных смол.

Методы на основе активного угля: активированный уголь может быть использован для удаления железа из сточных вод. Уголь обладает высокой поверхностной активностью и может поглощать различные загрязнители, включая железо. Стоит отметить, что активированный уголь должен быть периодически заменен или регенерирован для поддержания его эффективности.

Очистка сточных вод от нитратов и железа является важной задачей для обеспечения качества воды и защиты окружающей среды. Методы, описанные выше, предоставляют различные подходы к решению этой проблемы, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Использование комплексного подхода, включая современные технологии очистки и методы анализа, может значительно улучшить эффективность процессов очистки сточных вод [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очистка сточной воды от нитратов // Daniosvet. – URL: <https://daniosvet.ru/b/ochistka-stochnoy-vody-ot-nitratov> (дата обращения: 10.02.2025).
2. Железо в сточной воде // Испытательный центр «НОРТЕСТ». – URL: <https://nortest.pro/stati/voda/zhelezo-v-stochnoj-vode.html> (дата обращения: 10.02.2025).
3. Методы удаления железа из сточных вод // НПО «Агростройсервис». – URL: [https://acs-nnov.ru/udaleniye-zheleza-iz-stochnyh-vod.html#:~:text=Железо %20является %20одним %20из %20распространенных,цвета %20воды %20или %20неприятный %20запах](https://acs-nnov.ru/udaleniye-zheleza-iz-stochnyh-vod.html#:~:text=Железо%20является%20одним%20из%20распространенных,цвета%20воды%20или%20неприятный%20запах) (дата обращения: 10.02.2025).

[К содержанию](#)

УДК 544.653.2/.3+546.74+546.78+546.18

**А. Б. ЩЕРБАКОВА^{1,2}, О. Н. ВРУБЛЕВСКАЯ²,
М. О. БЫЧКОВСКАЯ¹**¹Беларусь, Минск, БГУ²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ**КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО
ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ РАСТВОРА ЩЕЛОЧИ
НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ ПОРОШКОВ NiWP И NiP**

Разработка эффективных и долговечных катализаторов для низкотемпературных топливных элементов является важной задачей, от решения которой зависит расширение сферы применения водородной энергетики. Такие катализаторы должны характеризоваться высокой коррозионной устойчивостью в условиях эксплуатации и стабильностью каталитических свойств. Платина и другие благородные металлы соответствуют этим требованиям, однако их высокая стоимость препятствует широкому применению в промышленности. Для электрохимического восстановления водорода (далее – ЭВВ) из щелочных растворов применяют никель, характеризующийся высокой каталитической активностью, но невысокой долговечностью при эксплуатации. Применение никелевых сплавов с металлами и неметаллами позволяет снизить энергию связи $Me-H_{адс}$ [1]. Активно в последнее время развивается направление разработки новых составов катализаторов, включающих, кроме металлической фазы, фазу полупроводника (графена, оксидов Mo(VI), W(VI), фосфидов никеля и др.), поскольку присутствие последних способствует увеличению количества сайтов адсорбции воды и ускоряет стадию переноса заряда [2].

Цель работы – изучение каталитической активности и ее сохранности в процессе ЭВВ композиционных аморфных электродных материалов, включающих никель и его фосфиды или сплав NiW с фосфидами никеля и WO_x (где $x = 2-3$), полученных путем химического восстановления из водных растворов.

Методика эксперимента. Порошковый сплав NiP получали из раствора с pH 11 восстановлением Ni(II) гипофосфит-ионами в присутствии цитрат-ионов. Процесс восстановления Ni(II) инициировали введением в раствор никелевого порошка (99,9 % Ni). Синтез сплава NiP проводили из раствора с pH 6,8 восстановлением Ni(II) и W(VI) гипофосфит-ионами в присутствии цитрат-ионов и глицина. Порошок никеля, необходимый

для сравнения экспериментальных результатов, характеризующих каталитическое поведение композитов, получали путем восстановления Ni(II) гидратом гидразина из раствора с pH 11. Порошки никеля и композитов для удаления примесей многократно промывали водой и этиловым спиртом, сушили до постоянной массы при температуре 90 °С.

Элементный состав композитов определяли методом микрорентгено-спектрального анализа с помощью приставки RONTES к сканирующему электронному микроскопу LEO-1420. Дифрактометр ДРОН-3.0 (источник излучения – CoK α) использовали для фазового анализа.

Из полученных порошков по стандартной методике, приведенной в работе [3], готовили каталитические чернила, в состав которых входили изопропиловый спирт, NafionTM 117, бидистиллированная вода. Каталитические чернила наносили в два слоя на поверхность графитового стержня (марка М) диаметром 0,5 см, его боковые стенки изолировали полимерным материалом, устойчивым в щелочной среде. Электрохимическую активность порошков в процессе ЭВВ в 0,1 М растворе КОН оценивали методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) при 20 ± 2 °С, используя потенциостат-гальваностат PGSTAT204 MetrohmAutolab, при скорости развертки потенциала 25 мВ/с. ЦВА-кривые записывали в трехэлектродной ячейке с хлорсеребряным электродом сравнения, вспомогательным платиновым электродом, рабочим электродом – графитовым стержнем с каталитическими чернилами. Анализ каталитической активности порошков проводили после «проработки» электрода в течение пяти циклов. Электрохимически активную площадь поверхности определяли «емкостным» методом [4].

Результаты и их обсуждение. По результатам элементного анализа порошок NiP содержит 2,3 мас. % Р, а порошок NiWP включает 6,2 мас. % W, 3,8 мас. % Р. Из данных работы [5] известно, что вольфрам присутствует в сплаве с никелем в нескольких степенях окисления – на долю W(0) приходится 59 %, а остальная часть – оксиды в степенях окисления вольфрама +4, +5, +6. Таким образом, количество вольфрама, связанного в оксиды в композиционном порошке, составляет 2,5 %, т. е. синтезированный порошок – композит NiWP-WO_x. Из результатов рентгенофазового анализа (рисунок 1) выявлено, что композиционные порошки NiP и NiWP-WO_x аморфизованы – на рентгенограмме присутствует уширенная область при 45–65° 2 θ , что соответствует фазам никеля и его интерметаллидов Ni₅P₂, Ni₅P₄, Ni₇P₃, Ni₂P, NiP.

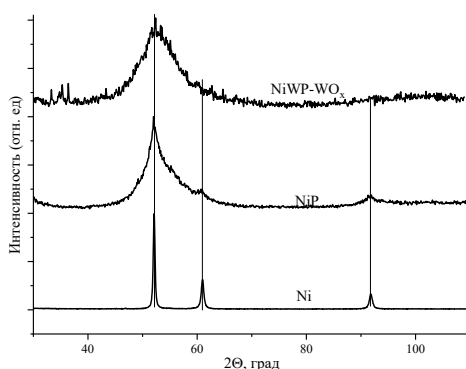


Рисунок 1 – Рентгенограммы порошков никеля, NiP и NiWP-WO_x

Порошок NiP (рисунок 2, б) состоит из сферических и овальных частиц с размерами 0,2–0,8 мкм, крупные агрегаты длиной до 40 мкм. NiWP-WO_x (рисунок 2, в) состоит из частиц сферической формы с размерами 0,5–0,7 мкм. Частицы образуют пористые агрегаты длиной 10–20 мкм.

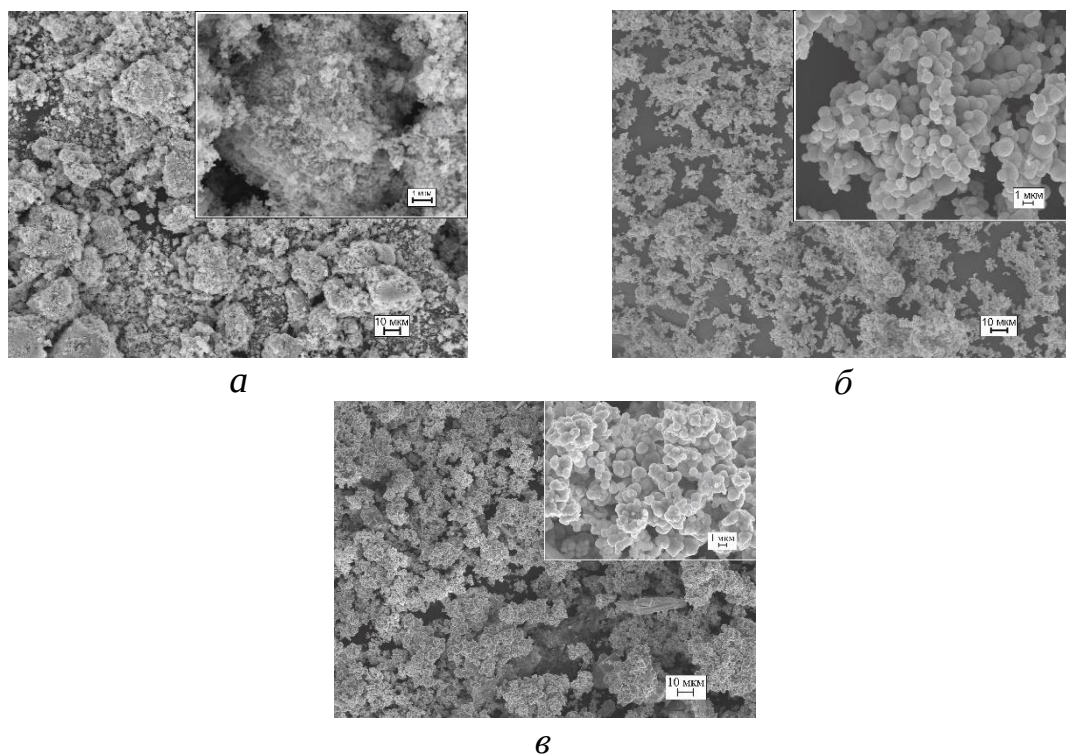


Рисунок 2 – СЭМ-фотографии порошков
а – Ni; б – NiP; в – NiWP-WO_x

Рассчитанная электрохимически активная площадь поверхности порошков Ni, NiP, NiWP-WO_x составляет 1,14, 0,128, 0,49 см²

соответственно, т. е. минимальная площадь характеризует композит NiP. Из сопоставления результатов анализа катодных сканов ЦВА кривых, характеризующих каталитическое поведение никеля и композитов в процессе ЭВВ, и сравнения значений потенциалов, при которых достигается плотность тока, равная 2 мА/см^2 (точка выбранная для сравнения каталитической активности порошков) на 5 и 50 циклах (таблица), следует, что никель наименее каталитически активен и при циклировании его свойства катализатора ухудшаются. Наилучшей каталитической активностью, сохраняющейся в процессе эксплуатации, характеризуется NiP. Каталитическая активность композита NiWP-WO_x, изначально наихудшая, улучшается в процессе циклического использования катализатора, что, вероятно, объясняется изменением его состава вследствие того, что часть восстанавливаемого водорода расходуется на восстановление W +4, +5.

Таблица – Некоторые характеристики катодных ветвей ЦВА кривых для порошков никеля и композитов

Количество циклов использования катализаторов	Ni	NiP	NiWP-WO _x
$E_i = 2 \text{ мА/см}^2$ 5 цикл поляризации, В	-1,17	-0,58	-1,32
$E_i = 2 \text{ мА/см}^2$ 50 цикл поляризации, В	< -1,5	-0,58	-0,68

При анализе коррозионной устойчивости никеля и его композитов выявлено, что наиболее устойчив к коррозии никель ($v = 0,035 \text{ мг/год}$). При циклической поляризации коррозионная устойчивость всех катализаторов уменьшается, но NiP корродирует в наименьшей степени.

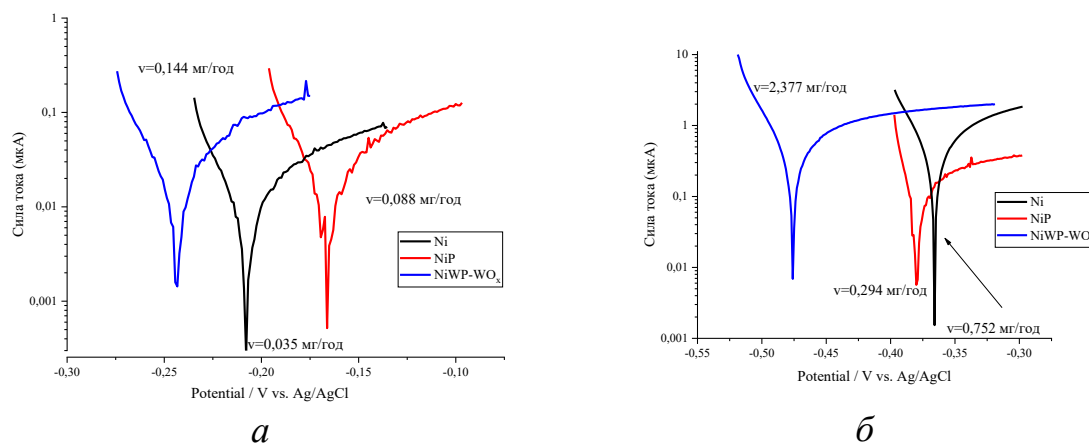


Рисунок 3 – Коррозионные кривые:
а – до эксплуатации; б – после 10 циклов поляризации

Заключение. Установлено, что использование композиционных аморфизованных порошков NiP и NiWP-WO_x позволяет повысить каталитическую активность в процессе электрохимического выделения водорода. Однако аморфизованное состояние порошков является причиной их невысокой коррозионной устойчивости и нестабильного катализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант X23МН-002 (номер госрегистрации 20230983).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Non-precious metal electrocatalysts with high activity for hydrogen oxidation reaction in alkaline electrolytes / W. Sheng, A. P. Bivens, M. Myint [et al.] // Energy & Environmental Science. – 2014. – Vol. 7, nr. 5. – P. 1719–1724.
2. Layered vanadium oxide nanofibers as impressive electrocatalyst for hydrogen evolution reaction in acidic medium / K. K. Dey, S. Jha, A. Kumar [et al.] // Electrochimica Acta. – 2019. – Vol. 312. – P. 89–99.
3. Experimental Protocol for HOR and ORR in Alkaline Electrochemical Measurements / C. A. Campos-Roldán, R. G. González-Huerta, N. Alonso-Vante // Journal of The Electrochemical Society. – 2018. – Vol. 165, nr. 15. – P. J3001–J3007.
4. Comparison of electrochemical active surface area methods for various nickel nanostructures / E. Cossar, M. S. E. Houache, Z. Zhang, E. A. Baranova // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2020. – Vol. 870. – P. 114246.
5. Studies on electroless Ni-W-P and Ni-W-Cu-P alloy coatings using chloride-based bath / J. N. Balaraju, S. M. Jahan, C. Anandan [et al.] // Surface and Coatings Technology. – 2006. – Vol. 200, nr. 16–17. – P. 4885–4890.

[К содержанию](#)

УДК 544.77

Н. В. ЯКОВЕЦ, О. В. ЛУКША, О. А. СЫЧЕВАБеларусь, Минск, Институт общей и неорганической химии
НАН Беларуси**ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПАВ, ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

С точки зрения термодинамики в нефтяных дисперсных системах (далее – НДС) при соответствующих условиях возможны фазовые переходы двух типов: твердое тело – жидкость (образование ассоциатов, кристаллизация) и жидкость – газ (газообразование). Условия образования, существования и разрушения надмолекулярных структур НДС (ассоциативных комбинаций, мицелл, сложных структурных единиц, макромолекул) оказывают решающее воздействие на процессы термодеструкции компонентов НДС, а также определяют структуру и физико-химические свойства продуктов. В связи с этим представляло интерес провести термохимический анализ смолисто-асфальтеновых веществ (далее – САВ), которые являются структурообразующими компонентами НДС, и модифицированных поверхностно-активными веществами (далее – ПАВ) образцов САВ, что позволяет устанавливать наличие химического взаимодействия веществ или фазовых превращений по сопровождающих их тепловым эффектам.

При термической деструкции в результате отщепления алифатических цепей и функциональных групп САВ становятся более плотными, превращаясь в карбены и карбоиды, кристаллиты которых являются необратимыми надмолекулярными структурами, не способными к разрушению до молекулярного состояния под действием внешних факторов. При термической обработке САВ претерпевают деструктивную конденсацию с образованием коксового остатка, имеющего плотную структуру и состоящую преимущественно из конденсированных ароматических и гетероциклических колец, имеющих стабильные свободные радикалы и систему сопряжения. При коксовании (400–500 °С) протекают превращения основных компонентов тяжелых нефтяных остатков (масел, смол, асфальтенов), при этом парафино-нафтеновая часть масел крекируется до жидких и газообразных продуктов. Для моно- и бициклических углеводородов в маслах возможны реакции перераспределения водорода, благодаря наличию в молекулах нафтеновых циклов с подвижными атомами водорода. В результате этого часть молекул

превращается в насыщенные углеводороды и крекируется, другая часть становится более ароматичной, образует конденсированные полициклические структуры и пополняет твердую фазу асфальтенов, которые при температуре выше 300 °С разлагаются с образованием газа, жидких продуктов и кокса. После 310–320 °С деструкция смол и асфальтенов протекает идентично, однако значения тепловых эффектов и выход летучих веществ при пиролизе смол значительно выше, чем у асфальтенов, т. к. последние обладают большей ароматичностью [1].

Для исследования использовали САВ, выделенные по сольвентному методу Гольде из нефтяного битума марки БНК-90/30, в том числе и модифицированного при перемешивании ($T = 170 \pm 5$ °С) исследуемыми ПАВ (1 мас. %), которые являются потенциальными активаторами для повышения эффективности тепловых процессов. Для исследований использовали ПАВ катионной и неионной природы: октадецилпропилендиамин (**ОПДА**); алкиламидаимидазополиамин (**АИПА**); метилбис-(олеоилэтил)-2-гидроксиэтиламмонийметосульфат (**ЭЧАС**); четвертичная аммониевая соль N-октадецилдиметилэтиламмонийбромид (**ОДЭАБ**); алкилмоноамидполиэтиленполиамин жирных кислот рапсового масла (**Белэм-М**); алкилдиамин с содержанием этоксилированных групп $n = 3-6$ и $R = C_{12}H_{25} \div C_{18}H_{37}$ (**((ОЭ)-АДА)**); бутиловый эфир кокосового жирного спирта, $n = 10$, $R = C_{12}H_{25} \div C_{18}H_{37}$ (**((ОЭ)-БЭКС)**); этилендиамин тетрабис-(этоксилат-блок-пропоксилат)-тетрол, $n = 64$ (**((ОЭ)-ОП)-ЭДА**).

Термогравиметрический и дифференциально-термический анализ образцов САВ проведен с использованием анализатора NETZSCH STA 409 PC/PG при нагреве в диапазоне 20–500 °С. Условия измерений: средняя масса образца 36,8 мг, тигель Al_2O_3 , окислительная среда (воздух), скорость нагрева 5 °С/мин. Результаты исследований образцов САВ приведены в таблице.

Анализ термограмм САВ показал, что независимо от структуры углеродного скелета ПАВ они имеют аналогичный вид с тремя эндоэффектами с минимумами в диапазонах $\sim 34,7-37,7$ °С (I); 325,7–339,3 (II) и 434,8–438,7 °С (III) и одним экзоэффектом с максимумом $\sim 460,5-475,3$ °С (IV).

Под воздействием температуры общее термодинамическое равновесие со временем сдвигается в сторону глубоких превращений (с образованием водорода, метана, смолы, кокса) и время становится одним из основных параметров, определяющих состояния системы. В тяжелых НДС, модифицированных ПАВ, асфальтены, благодаря наличию адсорбционно-сольватных оболочек, находятся в тонкодисперсном состоянии.

Таблица – Данные термического анализа для образцов САВ, модифицированных ПАВ

Образец САВ	Потери массы образцов САВ в интервалах температур 20–500 °С, мас. %				Общая потеря массы, мас. %
	20–250 °С	250–420 °С	420–485 °С	485–500 °С	
САВ	1,22	6,66	20,55	7,17	35,6
САВ + ОПДА	1,74	5,83	19,32	5,86	32,75
САВ + АИПА	0,79	7,49	21,29	4,63	34,2
САВ + ЭЧАС	0,94	11,27	19,98	3,62	35,81
САВ + ОДЭАБ	1,83	7,96	21,63	6,00	37,42
САВ + Белэм-М	0,86	7,75	23,28	5,22	37,11
САВ + (ОЭ)-АДА	1,12	7,28	19,57	4,43	32,4
САВ + (ОЭ)-БЭКС	1,04	6,68	18,97	5,77	32,46
САВ + (ОЭ-ОП)-ЭДА	0,81	8,56	20,92	5,55	35,84

В условиях термокрекинга асфальтены лишаются адсорбционно-сольватной оболочки, которая подвергается крекингу, теряют алкильные заместители и функциональные группы. Расстояния между молекулами сокращаются, ассоциаты становятся более компактными, увеличивается энергия притяжения, вследствие чего они последовательно по мере потери водорода переходят в карбены, карбоиды и кокс [2].

На основании анализа данных установлено, что все тепловые эффекты сопровождаются потерей массы, свидетельствуя о протекании деструктивных процессов с разрывом ковалентных связей в асфальтеновых молекулах. Первый эндоэффект при 50 °С обусловлен кипением легколетучих углеводородов (алканов). Участки II, III и IV характеризуют стадии, связанные с окислением и разложением летучих ароматических соединений и других углеводородных веществ, а также кристаллизацией углеводородных соединений вплоть до кокса. Важно отметить, что на III ступени в области температур 465–485 °С разрушение асфальтеновых молекул, обусловленное крекингом тяжелых углеводородов, протекает более интенсивно, при этом важно, что значения Δm для САВ, модифицированных ПАВ, ниже, чем для других композиций. Для данных систем наблюдается также смещение эндотермического эффекта в сторону более высоких температур (до 480–483 °С), что связано с повышением стабильности модифицированных САВ к образованию «кокса». Свыше 420 °С происходит разрушение межмолекулярных ассоциатов и сульфидных мостиков, асфальтены могут быть преобразованы в газы и масляные дистилляты. При наиболее высоких температурах наблюдения (вплоть до 500 °С) продолжается улетучивание низкомолекулярных продуктов, однако скорость процесса замедляется

вследствие процессов поликонденсации, приводящих к образованию более твердой и плотной структуры (кокса) из высокомолекулярных компонентов (превалирование реакций уплотнения над крекингом).

Независимо от природы ПАВ значения общей потери их массы незначительно отличаются друг от друга и составляют 32,4–35,84 мас. %. Это дает основание полагать, что исследуемые образцы САВ проявляют в экспериментальных условиях идентичные каталитические свойства, однако можно предположить, что ПАВ могут оказывать влияние на энергетические параметры системы [3; 4].

В связи с этим представляло интерес рассчитать энергию активации термоокислительной деструкции, которая является избытком энергии (потенциальным барьером), необходимым для разрушения химических связей, образующих основную цепь химического соединения под воздействием эксплуатационных факторов. Расчет энергии активации термоокислительной деструкции САВ проводился по методу Бройдо (двойное логарифмирование) с точностью более 5 % путем установления потери массы навески САВ от воздействия температуры при нагревании с заданной скоростью в определенном интервале температур [5].

Результаты определения энергии активации термоокислительной деструкции для образцов САВ приведены на рисунке.

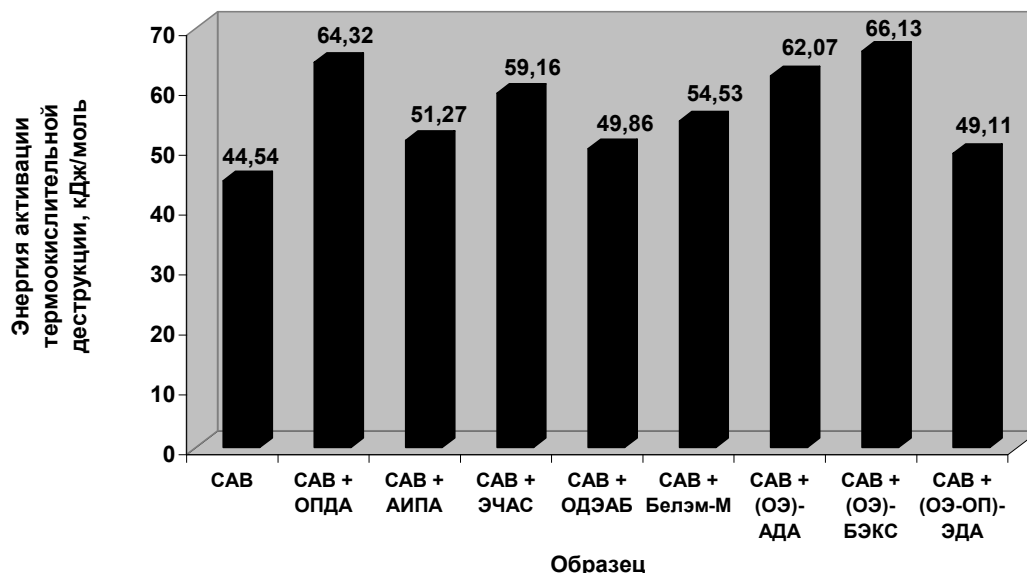


Рисунок – Энергия активации термоокислительной деструкции для образцов САВ

Анализ данных, представленных на рисунке, свидетельствует о том, что модифицирование поверхности САВ приводит к повышению стабильности систем к процессам термоокислительной деструкции, поскольку значения энергии активации для модифицированных САВ превышают этот показатель на 4,6–21,6 кДж/моль для исходных САВ. Это связано с разрушением сольватной оболочки, предохраняющей асфальтеновые компоненты от внешних воздействий и увеличивающей энергию активации реакции крекинга. Полученные данные согласуются со значениями энергии активации термоллиза для асфальтенов нефти, для которых она составляет $20,64 \div 102,53$ кДж/моль.

Таким образом, на основании проведенного комплекса исследований оценена эффективность химического активирования термических процессов в НДС, а также влияние ПАВ на термостойкость и стабильность НДС. Полученные результаты могут стать основой для прогнозирования качества тяжелых нефтепродуктов в процессах их переработки при повышенных температурах. Установлено, что максимальное структурирующее и термостабилизирующее действие на асфальтеновые агрегаты оказывают (ОЭ)-АДА, ОПДА и (ОЭ)-БЭКС [3; 4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батуева, И. Ю. Химия нефти / И. Ю. Батуева, А. А. Гайле, Ю. В. Поконова. – Л. : Химия, 1984. – 360 с.
2. Химия нефти и газа / под ред. В. А. Проскурякова, А. Е. Драбкиной. – СПб. : Химия, 1995. – 448 с.
3. Надмолекулярная структура и термические превращения модифицированных смолисто-асфальтеновых веществ / Н. В. Яковец, Н. П. Крутько, О. В. Лукша [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2024. – Т. 60, № 3. – С. 203–214.
4. Яковец, Н. В. Термическая деструкция смолисто-асфальтеновых веществ в присутствии аминосоединений / Н. В. Яковец, О. В. Лукша, О. А. Сычева // Свиридовские чтения. – 2024. – № 20. – С. 168–178.
5. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов : СТБ 1333.0-2002. – Минск : Госстандарт : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2002. – 8 с.

[К содержанию](#)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 372.854

В. И. БОЙКО, Е. Н. ПИТЕНКО

Беларусь, Брест, Брестский областной ИРО

О СОСТОЯНИИ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Кадровый потенциал. В области преподают предмет «Химия» по основному месту работы около 495 человек. Учителя высшей и первой квалификационных категорий составляют подавляющее большинство кадрового состава – 385 педагогов (78 %). Следует обратить внимание и на большое количество учителей без категории – 56 человек (11 %). В основном это учителя с небольшим стажем работы, а значит требующие методической помощи как со стороны администрации учреждений, так и со стороны методических служб района, города. Мы видим, что, с одной стороны, кадровый потенциал учителей химии является квалифицированным по своему составу и позволяет решать задачи любой сложности. С другой стороны, следует обратить внимание на количественный состав учителей-методистов – шесть педагогов (по одному учителю из г. Барановичи, Березовского, Ляховичского, Кобринского, Ганцевичского районов и Московского района г. Бреста). С 2019 г. претендентов на сдачу экзамена на квалификационную категорию «учитель-методист» по химии не было.

Повышение квалификации учителей химии происходит с установленной периодичностью в соответствующих учреждениях дополнительного образования взрослых. Так, за период с 2022 по 2024 г. повышение квалификации прошли 486 учителей, преподающих данный предмет, что составляет 98 % от общего числа педагогов, работающих по основному месту работы и ведущих данный предмет, и 82 % от общего числа учителей химии Брестской области. Из них 312 (63 %) человек прошли повышение квалификации по направлению «Химия», 88 (18 %) человек прошли повышение квалификации по направлению «Биология», 86 (17 %) человек прошли повышение квалификации по другим направлениям (классные руководители и т. д.).

В ходе изучения преподавания химии в учреждениях общего среднего образования Ивановского, Малоритского районов и г. Пинска

были посещены уроки химии и проанализирована документация. Контроль документации показал наличие календарно-тематических и поурочных планов у всех учителей. Установлено, что во всех посещенных учреждениях в полном объеме выполняется теоретическая и практическая часть учебных программ.

Однако стоит отметить и некоторые недочеты. В частности, изученная в ходе проверки документация не всегда содержит аналитическую составляющую, не всегда даны конструктивные рекомендации конкретным учителям, часто отсутствуют корректирующие управленческие решения, не запланирован повторный внутренний контроль. Управленческие решения могут быть приняты лишь тогда, когда будет проведен анализ, подготовлена качественная аналитическая информация.

Допрофильная подготовка и обучение на повышенном уровне. Статистика говорит об ориентированности факультативных занятий именно на допрофильную подготовку.

В сельских школах организация факультативных занятий иногда невозможна вследствие недостаточного количества учащихся.

Посещенные факультативные занятия, анализ документации и представленные управлениями (отделами) по образованию горрайисполкомов материалы позволяют сделать вывод, что успешность деятельности учащихся на факультативных занятиях довольно высокая.

Нельзя качественно организовать профильное обучение, не продумав организацию допрофильного. Допрофильная подготовка осуществляется в учреждениях образования через организацию факультативных, стимулирующих занятий, способствующих предметной дифференциации и других профориентационных мероприятий.

Профильное обучение по химии организовано во всех районах области. Основная концентрация профильных групп и классов отмечается в Московском и Ленинском районах г. Бреста, г. Пинске, г. Барановичи.

В учреждениях общего среднего образования предоставлена возможность на II ступени общего среднего образования изучать учебный предмет «Химия» на повышенном уровне в 8 и 9 классах, на III ступени в 10–11 классах, сочетая изучение учебных предметов на повышенном уровне и проведение профессионально ориентированных факультативных занятий.

Материальная база. Одним из условий осуществления полноценного образовательного процесса по химии являются кабинеты химии, обеспеченные необходимыми учебно-методическими комплексами, техническими и электронными средствами обучения, учебной литературой.

Из 488 учреждений образования в 485 (99,3 %) учреждениях образования имеются кабинеты химии. Три (0,6 %) учреждения

образования (Дрогичинский район, Жабинковский район) не имеют кабинета химии. Имеют совмещенные кабинеты химии с биологией, или с географией, или с физикой 133 (27,2%) учреждения образования.

Соблюдаются нормы и правила хранения, использования лабораторного оборудования и химических реактивов (указаны группы хранения веществ, проверяется срок их годности). Реактивы хранятся в соответствии с правилами хранения, имеются необходимые средства индивидуальной защиты.

Анализ показывает, что не все кабинеты имеют необходимое современное оборудование для выполнения практической части программы, многие пользуются оборудованием, произведенным несколько десятилетий назад. Требуется обратить внимание на его обновление или замену.

С целью мониторинга качества знаний учащихся по химии были проведены контрольные срезы (далее – КС) по текстам БОИРО в 8-х классах учреждений образования Малоритского, Ивановского районов и г. Пинска.

Среди участников КС на *высоком, достаточном и среднем уровнях* (отметки 5–10 баллов) выполнили КС 76,0 % учащихся.

На *удовлетворительном уровне* (отметки 3–4 балла) КС выполнили 24,0 % учащихся.

На *низком уровне* (отметки 1–2 балла) КС не выполнил ни один учащийся.

В целом расхождение отметки КС и отметки, полученной за первую четверть, составляет –0,1 %. Это свидетельствует о том, что с КС учащиеся справились успешно и в основном подтвердили и улучшили свои четвертные отметки.

Одним из показателей качества знаний учащихся по химии являются результаты **республиканской контрольной работы**. В Брестской области республиканскую контрольную работу по учебному предмету «Химия» выполняли 703 учащихся учреждений образования Брестской области.

Почти 3 % учащихся по результатам контрольной работы продемонстрировали низкий уровень обученности (1–2 балла).

Количество учащихся, получивших максимальный балл за задания контрольной работы, – 112 (16 %).

Средний балл за контрольную работу по учебному предмету «Химия» составил 6,36 балла.

Централизованное тестирование. Анализ результатов ЦТ по химии за последние три года позволяет говорить, что в области есть регионы, демонстрирующие как стабильно высокие, так и стабильно низкие результаты.

Результаты централизованного тестирования по химии выпускников учреждений общего среднего образования области на протяжении последних пяти лет ниже, чем республиканские показатели, на 1,5–2 балла.

Данные результаты говорят о низком уровне преподавания предмета, отсутствии системной подготовки учащихся и о недостаточном внутреннем контроле за состоянием преподавания учебных предметов в данных учреждениях.

Одним из критериев работы с одаренными и высокомотивированными учащимися по химии являются **итоги заключительного (республиканского) этапа предметной олимпиады.**

За последних три года победителями заключительного этапа республиканской олимпиады по химии являются учащиеся учреждений образования г. Барановичи, г. Пинска, Московского района г. Бреста, Ивановского района.

В третьем этапе республиканской олимпиады по химии больше всего дипломов завоевали учащиеся учреждений образования тех же районов.

Однако есть районы, учащиеся которых не были в числе победителей на третьем этапе на протяжении трех последних лет: областной лицей, Барановичский, Березовский, Брестский, Ганцевичский, Жабинковский, Ивацевичский, Каменецкий, Ляховичский, Пинский, Столинский районы.

Результаты олимпиады и конкурса исследовательских работ красноречиво свидетельствуют не только о подготовке учащихся, но и о потенциале учителей, работающих с этими детьми. В каждом районе необходимо анализировать систему заданий, актуальность и новизну тем и т. д. и выработать план мероприятий, направленных на повышение данной компетенции. Работа по подготовке к участию в различных этапах республиканской олимпиады должна быть постоянной, а не носить эпизодический характер.

Необходимо отметить, что немногие учителя систематически готовят ребят целенаправленно, зачастую проводят только разовые консультации и предлагают работать самостоятельно. Также статистика показывает, что участниками олимпиад практически по всем предметам являются одни и те же учащиеся и чаще всего не одаренные дети, а успешно осваивающие образовательные стандарты.

Выводы. Кадровый потенциал учителей химии является обеспеченным в системе образования Брестской области как в количественном, так и в качественном отношении. Нынешний кадровый состав учителей располагает значительным опытом педагогической работы, высоким квалификационным уровнем, характеризуется активным отношением к использованию современных образовательных технологий. При этом стоит отметить недостаточное количество учителей-методистов, а также недостаточно активное их участие в процессе подготовки к олимпиаде и методическом обеспечении области.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

А. Н. БУКАТО

Республика Беларусь, Минск, Минский городской институт развития образования

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ ХИМИИ ЧЕРЕЗ МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ СИТУАЦИИ

Сегодня определяющим уровнем представления результатов образования является функциональная грамотность, которая определяется как способность личности при минимальных затратах времени и сил максимально быстро адаптироваться в конкретной социальной ситуации и, как следствие этого, полноценно функционировать в системе общественных отношений [1].

Успешному формированию функциональной грамотности учащихся способствует использование активных методов обучения, среди широкого спектра которых применительно к обучению химии особого внимания заслуживает использование проблемного метода, состоящего в вовлечении учащихся в активную самостоятельную деятельность по решению специально созданных учителем проблемных ситуаций, связанных с реальной жизнью и имеющих межпредметный характер.

Известные российские ученые в области методики преподавания химии [2] выделяют несколько видов и способов создания на уроке межпредметных проблемных ситуаций:

1. Ситуации неожиданности создаются при ознакомлении учащихся с материалом, вызывающим удивление, поражающим своей необычностью.

2. Ситуации конфликта возникают при наличии противоречия между:
– теоретически возможным способом решения задачи, найденным учащимися на основе своих знаний внутри- и межпредметного характера, и невозможностью его практического осуществления;

– практически достигнутым результатом (известным фактом) и недостаточностью только предметных знаний для его теоретического обоснования;

– жизненным опытом учащихся, их бытовыми понятиями и представлениями и научными знаниями.

3. Ситуации опровержения создаются, когда учащимся на основе всестороннего внутри- и межпредметного анализа предлагают доказать несостоятельность какого-либо предположения, идеи, вывода, проекта и т. д.

4. Ситуации предположения возникают, когда предполагается существование какого-либо явления или закона, теории и т. д., расходящихся с полученными ранее знаниями внутри- и межпредметного характера, или же требуется доказать справедливость какого-либо предположения.

5. Ситуации неопределенности создаются, когда учащимся предъявляют задание с недостаточными или избыточными данными для получения однозначного ответа.

На наш взгляд, весьма перспективным способом создания проблемных ситуаций межпредметного характера на уроках химии является использование химического эксперимента. В качестве примера приведем проблемную ситуацию межпредметного биолого-химического характера, которую можно создать на уроке химии в 10 классе при изучении темы «Крахмал».

При рассмотрении химических свойств крахмала учитель моделирует реальную ситуацию:

Врачи-диетологи рекомендовали Роману, страдающему избыточным весом, исключить из рациона питания продукты, которые содержат крахмал. Мальчик съедает по два бутерброда из белого хлеба и колбасы каждый день во время перемены между третьим и четвертым уроками. Выполняет ли Роман требование врачей-диетологов?

Для ответа на поставленный вопрос педагог демонстрирует учащимся слайд, на котором изображены хлебобулочные изделия, крупы, овощи, и в ходе беседы подводит их к выводу, что крахмал, содержащийся в большом количестве в пище растительного происхождения, является одним из наиболее распространенных углеводов в рационе питания человека.

Затем учитель просит учащихся предложить опыт, позволяющий определить наличие крахмала в белом хлебе, и, обобщив их предложения, организует выполнение эксперимента, приводящего к созданию проблемной ситуации на основе конфликта между имеющимися у учащихся знаниями и результатами проведенного эксперимента. Учащимся предлагается капнуть 1–2 капли спиртового раствора иода на кусочек белого хлеба и описать происходящие изменения. После этого учащимся необходимо разжевать в течение 5 минут такой же кусочек белого хлеба, поместить его в чашку Петри, внести 1–2 капли спиртового раствора иода и описать свои наблюдения.

На основании результатов выполненного учащимися опыта учитель формулирует проблемный вопрос: почему мы смогли выявить крахмал в белом хлебе с помощью качественной реакции в первом случае, но не смогли его определить во втором?

Для решения возникшей проблемной ситуации учитель проводит с учащимися беседу, которая включает следующие вопросы:

1. Какие физические и химические изменения происходят с пищей в ротовой полости?
2. Какие пищеварительные ферменты содержатся в слюне человека?
3. Какие изменения происходят с макромолекулами крахмала под действием амилазы?
4. Какие вещества образуются в результате гидролиза крахмала?
5. Какое вещество является конечным продуктом гидролиза крахмала?

Запишите уравнение реакции ферментативного гидролиза крахмала.

Вопросы 1, 2 и 3 требуют от учащихся привлечения знаний из курса биологии 9 класса об особенностях протекания пищеварения в ротовой полости человека.

Для ответа на вопросы 4 и 5 учитель организует работу учащихся с учебником в парах, в завершение которой происходит фронтальное обсуждение результатов работы и формулируется вывод, позволяющий объяснить проблемную ситуацию, возникшую на основании проведенного эксперимента.

Межпредметные проблемные ситуации могут создаваться на всех этапах урока химии. Тем не менее следует учитывать, что не каждую тему дидактически целесообразно изучать с использованием проблемного подхода. При создании и решении проблемных ситуаций межпредметного характера на учебных занятиях по химии следует широко использовать разнообразные наглядные и технические средства обучения, а также необходимо сочетать различные формы организации работы учащихся: индивидуальную, групповую, фронтальную.

Применение при обучении химии межпредметных проблемных ситуаций пробуждает у учащихся способность находить нестандартные решения, самостоятельно рассуждать, стимулирует их творческое и критическое мышление, формирует навыки сотрудничества и коммуникации, а следовательно, является мощным источником развития функциональной грамотности учащихся.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бажук, О. В. Вектор на развитие функциональной грамотности школьников: нормативный базис / О. В. Бажук, Л. П. Берестовская, Т. В. Мерецкая // Казанский педагогический журнал. – 2021. – № 4. – С. 144–150.
2. Кузнецова, Н. Е. Проблемно-интегративный подход и методика его реализации в обучении химии / Н. Е. Кузнецова, М. А. Шаталов // Химия в школе. – 1999. – № 3. – С. 25–35.

[К содержанию](#)

УДК 372.8:54

И. В. БУЛЬСКАЯ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПОДГОТОВКЕ
СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ»
В БРГУ ИМЕНИ А. С. ПУШКИНА**

В современном мире на фоне быстрого развития технологий требования к подготовке специалистов с высшим образованием все время возрастают. Тесное взаимодействие учебного процесса с инновациями в науке является необходимым условием для подготовки компетентного специалиста высокой квалификации и всестороннего гармоничного развития личности студента. В рамках учебного процесса современного классического университета подготовка специалиста сочетает в себе как традиционные ценности (фундаментальность, связь с научными исследованиями, междисциплинарность), так и тенденции, связанные с бурным развитием техники и информационных потоков (акцент на проблемном обучении, внедрении интерактивных методов и современных информационных технологий) [1–5]. На первый план в образовательном процессе вузов выходят интегративный подход, актуализация межпредметных связей и развитие практических и исследовательских навыков [2; 3–9]. Перечисленные тенденции особенно актуальны в преподавании такого раздела химической науки, как химический анализ, т. к. в современном химическом анализе ведущую роль играют аппаратные методы, позволяющие объединить достижения химии, физики и техники.

Межпредметные связи в образовательном процессе представляют собой согласованное изучение различных учебных дисциплин. Актуализация взаимосвязей близких по содержанию дисциплин и их разделов обеспечивает повышение качества знаний студентов, повышение мотивации, развитие широкого научного кругозора, способствует выработке цельного мировоззрения. Межпредметные связи воплощаются в системности и фундаментальности полученных знаний, создают основу для формирования научного мировоззрения и всестороннего развития личности, профессионального роста за счет самообразования [2; 10–12].

Большое влияние на определение содержания дисциплин химического цикла оказывает тенденция экологизации химического образования. Важность проблем защиты окружающей среды делает актуальной подготовку квалифицированных специалистов как педагогического, так и научного профиля, на высоком научном уровне знающих основы эколого-аналитического мониторинга. Химический анализ является

неотъемлемым компонентом экологических исследований и рутинного мониторинга окружающей среды, поэтому возрастает важность прикладного аспекта химических дисциплин, который реализуется в первую очередь за счет лабораторного курса [10; 11]. Лабораторный практикум способствует осмыслению практической значимости теоретического научного материала, создает благоприятные условия для внедрения проблемного подхода и формирования исследовательских компетенций у студентов [7].

Самостоятельная работа также является важной составной частью учебного процесса, способствуя закреплению и развитию знаний и навыков, которые получены во время аудиторных занятий [13]. Самостоятельная работа должна охватывать как проработку студентами теории (например, при написании рефератов, докладов), так и отработку практических навыков (например, решение расчетных задач), что способствует более полному, комплексному усвоению учебного материала [2].

На факультете естествознания Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина студенты специальности 1-02 04 01 «Биология и химия» начинают изучение химического анализа с дисциплины «Аналитическая химия», которая входит в модуль «Аналитическая и биологическая химия» компонента учреждения высшего образования. На изучение этой дисциплины отводится 216 часов, из которых 110 часов аудиторных. Она включает лекционный курс, лабораторные и практические занятия. В ходе изучения дисциплины закладываются основы знаний о классических химических методах качественного анализа (открытие катионов и анионов, анализ их смесей) и количественного анализа (гравиметрический и титриметрический анализ); актуализируются и углубляются теоретические знания таких дисциплин, как «Общая химия», «Химия элементов», «Органическая химия».

Студенты продолжают знакомство с химическим анализом в процессе изучения дисциплины «Физико-химические методы исследования», которая входит в модуль «Физическая и коллоидная химия» компонента учреждения высшего образования. Учебным планом на изучение данной дисциплины отводится 136 часов, из которых 50 часов – аудиторные занятия (лекционные, лабораторные и практические). В ходе изучения дисциплины подробно рассматриваются методы, используемые в химической науке для изучения свойств элементов, простых и сложных веществ, идентификации веществ и состава сложных смесей. Дисциплина «Физико-химические методы исследования» своеобразно подытоживает материал предыдущих химических дисциплин, т. к. в ходе ее изучения студенты подробно знакомятся с методами изучения свойств и состава веществ, химических превращений, о которых шла речь в предыдущих химических дисциплинах. В ходе преподавания дисциплины возможно очень органичное внедрение

современных информационно-коммуникационных технологий как в ходе лабораторных работ (например, при изучении спектрофотометрии, флуориметрии, т. к. работа с соответствующими приборами подразумевает обработку данных на компьютере), так и в самостоятельной работе студентов (при подготовке рефератов и презентаций, а также математической обработке данных анализа и решении ряда расчетных задач). Существенно осложняет преподавание дисциплины тот факт, что «Физическая химия» изучается после изучения дисциплины «Физико-химические методы исследования», а это затрудняет понимание научных основ методов физико-химического анализа.

Важно также отметить, что названные химические дисциплины тесно связаны с другими дисциплинами естественно-научной направленности, такими как «Основы общего землеведения», «Экологические проблемы химии» и «Экология». Наличие в учебном плане нескольких дисциплин экологической и природоохранной направленности также способствует установлению межпредметных связей.

Таким образом, опыт преподавания химического анализа для студентов биолого-химического профиля в БрГУ имени А. С. Пушкина показывает важность интегративного подхода, актуализации межпредметных связей и развития практических навыков в современном химическом образовании. Особое место занимают лабораторные работы, которые помогают осмыслить практическую значимость теоретических знаний и формировать исследовательские компетенции. Изучение дисциплин «Аналитическая химия» и «Физико-химические методы исследования» взаимосвязано с другими дисциплинами, что способствует формированию целостного научного мировоззрения. Несмотря на сложности, связанные с последовательностью изучения дисциплин, разработанный подход способствует развитию профессиональных компетенций студентов. Проводимая нами работа направлена на повышение мотивации и качества обучения, а также на подготовку специалистов, способных применять химические знания в преподавательской и исследовательской деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева, Н. Д. Система эколого-педагогического образования студентов-биологов в педагогическом вузе / Н. Д. Андреева. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2000. – 112 с.
2. Бульская, И. В. Формирование профессиональных компетенций на основе межпредметных связей при изучении химических дисциплин студентами специальности «Биоэкология» / И. В. Бульская // Менделеевские чтения – 2022 : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию с междунар. участием, Брест, 25 февр. 2022 г. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 143–147.

3. Эргешов, Р. А. Инновационные методы преподавания химии в высших учебных заведениях / Р. А. Эргешов, Н. С. Ниязов // Вестник науки. – 2024. – № 10 (79), т. 1. – С. 283–286.

4. Современные методы преподавания химии в вузах / А. Гандымов, Д. Чарымырадов, Л. Чапанова [и др.] // Символ науки. – 2024. – № 12-2-2. – С. 28–30.

5. Сапаева, Г. И. Методика обучения аналитической химии с использованием интерактивных методов студентами / Г. И. Сапаева // Innovation: The Journal of Social Sciences and Researchers. – 2023. – Nr. 1 (5). – С. 40–49.

6. Гермогенова, Н. И. Интегративный подход в обучении курса общей химии в вузе / Н. И. Гермогенова, К. Е. Егорова // Вестник Бурятского государственного университета. – 2009. – № 15. – С. 30–36.

7. Евстафьева, И. Т. Формирование научно-исследовательских компетенций при подготовке учителей химии / И. Т. Евстафьева, И. В. Шкурченко // Дискуссия. Серия: Педагогические науки. – 2016. – № 5 (68). – С. 126–132.

8. Савиткин, Н. И. Интегративные подходы к изучению естественных наук (на материале изучения химии в педагогическом вузе) / Н. И. Савиткин, Я. Г. Авдеев // Образование и наука. – 2006. – № 6 (42). – С. 37–43.

9. Освоение студентами метода анализа структуры вещества как способ формирования научного мышления будущих специалистов / Л. А. Байкова, М. А. Косарева, Е. А. Никоненко [и др.] // Образование и наука. – 2019. – Т. 21, № 7. – С. 41–68.

10. Исаева, Н. Г. Актуальность использования межпредметных связей при обучении химии в вузе / Н. Г. Исаева, А. Н. Мурзаева // Актуальные вопросы АПК в современных условиях развития страны : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Махачкала, 26–27 окт. 2016 г. – Махачкала, 2016. – С. 450–458.

11. Бульская, И. В. Преподавание аналитической химии на биологическом факультете Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина / И. В. Бульская, В. А. Ковалевич // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе : сб. науч. ст. / редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. – С. 198–200.

12. Худякова, С. Н. Межпредметные связи как средство повышения мотивации обучения учащихся на уроках химии / С. Н. Худякова // Вестник научных конференций. – 2016. – № 1-2 (5). – С. 109–110.

13. Зорина, Г. И. Совершенствование учебного процесса по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» / Г. И. Зорина, Г. М. Бутов // Актуальные вопросы профессионального образования. – Волгоград, 2006. – № 8. – С. 119–121.

[К содержанию](#)

УДК 54+37.012

И. В. БЫЧЕК

Беларусь, Минск, БГУИР

ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНОЧНАЯ ДИАГНОСТИКА УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ И МОТИВАЦИИ К ОБУЧЕНИЮ В ВУЗЕ

С каждым годом уровень естественно-научной подготовки абитуриентов, поступающих в технический вуз, к сожалению, снижается. Расхождения между результатами школьного обучения и практикой обучения в высшем учебном заведении слишком велики. У большинства школьников, выбравших при поступлении в вуз технические и IT-специальности, очень низка или вообще отсутствует мотивация в отношении изучения дисциплины «Химия». Поступившие в технический университет на нехимические специальности абитуриенты не только не имеют устойчивых базовых знаний по химии в объеме средней школы, но и не готовы к дальнейшему изучению предмета в вузе, т. к. считают его ненужным для своей будущей профессиональной деятельности.

Для успешного осуществления образовательного процесса актуален аналитический контроль его текущего состояния и результативности учебного процесса [1]. Для первичной оценочной диагностики уровня мотивации и подготовки к изучению химии в вузе автором разработаны и используются целевые анкеты. В студенческой аудитории анкетирование проводится на первом курсе в начале и конце первого семестра. В начале учебного семестра вариант анкеты содержит вопросы, оценивающие актив имеющихся умений и навыков учебного труда и уровень мотивации к изучению химии в вузе. Некоторые вопросы анкеты приведены ниже.

1. Ваш балл по химии: а) в аттестате ..., б) реальный с вашей точки зрения ...

2. К занятиям по химии готовился: а) дома, б) перед уроком в школе, в) не готовился.

3. Домашние задания по химии выполнял: а) регулярно, б) от случая к случаю, в) не выполнял.

4. На подготовку к занятиям по химии я тратил: а) 1 час, б) менее 20 минут, в) не готовился.

5. В случае затруднений в понимании изучаемой темы я: а) ищу дополнительную информацию в других учебных пособиях, б) ищу дополнительную информацию в интернете, в) использую решебники, г) ничего не делаю.

6. Как вы оцениваете эффективность в своей работе следующих средств обучения? Варианты ответа: а) полезно, б) малополезно, в) бесполезно. Проставьте напротив каждого следующего пункта свой вариант ответа (или а, или б, или в): 1) объяснение преподавателя – ..., 2) текст учебника – ..., 3) информация в интернете – ...

7. Как вы оцениваете свой уровень готовности к работе в вузе: а) не буду испытывать никаких затруднений, б) не умею работать регулярно и систематически, в) не умею работать с большим объемом информации, г) не умею работать самостоятельно.

8. Считаете ли вы достаточной свою школьную базу по химии для работы в вузе: а) да, б) нет.

9. Ваше мнение о месте химии в ряду естественно-научных дисциплин и необходимости ее изучения: а) химия – наука, знание, которой необходимо каждому образованному человеку, б) химию должны изучать по собственному выбору.

Анализ ответов студентов БГУИР позволил выявить следующее:

- практически все опрошенные считают свой реальный балл по химии значительно ниже, чем в аттестате (94 %);

- не проявляли никакого интереса к изучению химии в школе 96 % учащихся, считая ее сложной и ненужной для изучения, хотя имели высокие оценки;

- к занятиям по химии в школе готовились регулярно 29 %, от случая к случаю 50 %, не готовились совсем 21 % опрошенных первокурсников, причем на подготовку учащиеся в основном затрачивали не более 20 минут;

- в случае затруднений в понимании изучаемой темы 62 % учащихся ищут дополнительную информацию в интернете, 20 % используют решебники, 11 % ищут дополнительную информацию в других учебных пособиях, 7 % ничего не делают;

- оценивая эффективность в своей работе средств обучения, учащиеся считают полезным объяснение преподавателя (93 %) и информацию в интернете (77 %);

- оценивая свой уровень готовности к работе в вузе, не будут испытывать никаких затруднений 18 % учащихся, не умеют работать регулярно и систематически 28 %, не умеют работать с большим объемом информации 35 %, не умеют работать самостоятельно 18 %;

- оценивая готовность в начале семестра к работе по изучению вузовской программы химии, 80 % студентов отметили свою очень слабую школьную базовую подготовку;

- основной причиной низкой мотивации к изучению химии 70 % опрошенных считают ее ненужность в основе своего образования,

ответив отрицательно на вопрос «Ваше мнение о месте химии в ряду естественно-научных дисциплин и необходимости ее изучения»;

– студенты с низкой мотивацией к предмету составляют 79 %, при этом 40 % из них знали, что данная дисциплина изучается в университете.

Оценка полученных результатов свидетельствует о том, что студенты на первом курсе не могут быть готовыми к систематической кропотливой работе, они не владеют приемами учебного труда. В начале своей работы в университете почти 80 % студентов не справляются с учебным графиком дисциплины, что является следствием недополученных в школе умений и навыков учебной деятельности. Налицо противоречие между возможностями обучающихся и их достижениями, возникшее из-за того, что они имеют затруднения в развитии познавательной деятельности, не могут организовать себя в учебном процессе, систематизировать полученные знания, выделять главное в учебном материале. У них отсутствуют навыки правильного ведения конспектов, работы с учебными пособиями и справочной литературой, рациональной организации и планирования самостоятельной работы.

В конце первого семестра автор проводит повторное анкетирование первокурсников, которое затрагивает проблемы адаптации студентов к учебной работе в вузе. Испытывали затруднения при изучении вузовской программы по дисциплине «Химия» 70 % респондентов. Многие студенты считают, что в адаптации к учебной работе в вузе им мешало отсутствие навыков организации самостоятельной работы (45 %), недостаточный уровень школьных базовых знаний (37 %), отсутствие навыков работы с учебной литературой (18 %).

Анализ статистических данных мониторинга позволяет дать оценку параметров первоначальной образовательной среды обучаемых. По данным диагностического мониторинга устанавливаются причины низкой мотивации к изучению предмета, низкой успеваемости по предмету и уровень адаптированности к учебной работе в вузе. Преподаватель, вооруженный подобной информацией, наиболее эффективно сможет ее использовать для индивидуального подхода в оценивании не только знаний студента, но и динамики роста уровня его обученности в дальнейшем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясюкевич, Л. В. Диагностическая программа мониторинга учебной деятельности студентов / Л. В. Ясюкевич, И. В. Бычек // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе : сб. науч. ст. / редкол.: Е. Я. Аршанский [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. – С. 339–341.

[К содержанию](#)

УДК 37.02:54

Е. И. ВАСИЛЕВСКАЯ

Беларусь, Минск, БГУ

**КОДИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ
В ХИМИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ**

Совершенствование информационно-коммуникационных технологий на современном этапе повлекло за собой изменения в образовательном процессе, позволяя не только успешно разрабатывать учебный материал, но и преподносить его обучающимся в наглядном виде. Известно, что принцип наглядности является одним из основных дидактических принципов организации образовательного процесса, в том числе и по химии. Информацию, представленную в виде изображения, человек обрабатывает гораздо быстрее, чем обрабатывается текст. Это особенно значимо для молодежи поколений Z (родившихся после 2000 г.) и Альфа (родившихся после 2010 г.), которые отличаются вовлеченностью в мир технологий, восприимчивостью к любой информации и способностью к быстрой ее трансформации, в том числе и к созданию новых видов контента. Визуализация облегчает восприятие информации и существенно повышает мотивацию к обучению.

В обучении химии визуализация играет немаловажную роль, например, при использовании химического эксперимента для демонстрации различных явлений и процессов. Более того, успешное изучение химии связано с овладением системами кодирования и декодирования информации, трансформирования ее из одного вида представления в другой. Так, уже на начальном этапе обучения химии происходит знакомство с «химическим алфавитом», химическими формулами и уравнениями реакций. С помощью химической символики формулируются понятия и теории, характеризующие строение и свойства веществ, их взаимодействие, физико-химические закономерности протекания химических процессов.

Алхимики для обозначения веществ, химических операций и приборов применяли символические изображения, буквенные сокращения, а также сочетания тех и других. С развитием и становлением химии как науки написание символов химических элементов, химических формул и уравнений реакций претерпело существенные изменения [1]. В химической формуле в современном варианте ее написания закодирован целый массив информации. Она обозначает или отражает: одну молекулу или один моль вещества, качественный состав (из каких химических элементов состоит вещество), количественный состав (сколько атомов

каждого элемента содержит молекула или формульная единица вещества). Так, например, формула HNO_3 обозначает: азотную кислоту, одну молекулу азотной кислоты, один моль азотной кислоты, качественный состав (молекула азотной кислоты состоит из атомов азота, водорода и кислорода) и количественный состав (в молекуле азотной кислоты на один атом азота приходится один атом водорода и три атома кислорода).

Из уравнения химической реакции мы извлекаем информацию о химическом составе и количественном соотношении реагентов и продуктов, о тепловом эффекте и особых условиях проведения (нагревание, освещение, действие электрического тока и др.) реакции. Таким образом, мы декодируем информацию, заключенную в записи уравнения реакции. И, наоборот, наблюдая за процессом в химической лаборатории, мы сворачиваем информацию, записывая уравнение реакции. Отметим, что при кодировании и декодировании химической информации следует также научиться правильно переводить ее на естественные языки. А при переходе из школы в университет необходимо освоить кристаллографический, квантово-механический и ряд других искусственных языков, используемых в химии.

Большое значение при изучении химии имеет также преобразование научного или образовательного материала в наглядные графические изображения, наиболее удобные для зрительного восприятия. Такая визуализация информации помогает оптимизировать и систематизировать объемы знаний, делая научный и образовательный материал более понятным и доступным. В учебном процессе по химии широко используется инфографика как способ подачи информации, ориентированный на современные поколения школьников и студентов. При этом могут использоваться как традиционные (таблицы, диаграммы, графики, модели), так и относительно новые (кластеры, ментальные схемы, структурно-логические схемы, скрайббнг, скетчноутинг, стрела времени и др.) способы визуализации информации [2].

Инфографика может применяться для систематизации и структурирования информации, представления сложных концепций и процессов, что способствует лучшему пониманию и запоминанию обучающимися учебного материала. Периодическая таблица химических элементов, например, может рассматриваться как один из инструментов инфографики, позволяющий проанализировать изменение свойств химических элементов и их соединений в группах и периодах. Инфографика, включающая в себя 3D-модели, помогает лучше понять структуру и геометрическую конфигурацию молекул, рассмотреть особенности взаимодействия между атомами. С помощью таблиц и графиков можно проиллюстрировать такие физические свойства веществ, как плотность, температуры плавления

и кипения. Диаграммы отображают распространенность различных химических элементов в природе [3; 4].

В работах [2], [4–6] более детально рассмотрено применение в процессе обучения химии таких элементов визуализации, как блок-схемы, интеллект-карты, кластеры, скрайбинг. В частности, показано, что **интеллект-карта** (ментальная карта, карта мыслей, диаграмма связей, ассоциативная карта, mind map) представляет собой древовидную схему, на которой изображены слова, идеи, задачи или другие понятия, связанные ветвями, отходящими от центрального понятия или идеи. Ветви, имеющие форму плавных линий, обозначаются и поясняются ключевыми словами или образами. Интеллект-карта позволяет анализировать большое количество информации, генерировать новые идеи, запоминать.

При работе с химической информацией могут применяться и другие инструменты инфографики: облако слов (облако тегов), кроссенс, диаграмма Ишикавы (прием «Фишбоун»), диаграммы Венна, линия (стрела) времени, скетчноутинг, комикс. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Облако слов или тегов – это визуальное представление списка категорий или тегов, также называемых ключевыми словами. В конце изучения темы или раздела учебного материала можно предложить студентам составить, пользуясь мобильным телефоном, облако слов с помощью одного из приложений (Wordcloud (<https://wordcloud.online/ru>); WordArt (Tagul); ImageChef; Tagxedo; Wordle). Но прежде необходимо составить перечень ключевых слов по теме, а выбор ключевых слов, в свою очередь, будет отражать степень изученности вопроса.

В основе **метода Фишбоун** – схематическая диаграмма в форме скелета рыбы. Такая диаграмма широко известна под названием диаграммы Ишикавы в честь японского профессора, который и изобрел метод структурного анализа причинно-следственных связей. Эта диаграмма включает в себя основные четыре блока, представленные в виде головы, хвоста, верхних и нижних косточек скелета. Связующим звеном выступает основная кость или хребет рыбы. Голова – это основная проблема, вопрос или тема учебного материала. На верхних косточках фиксируются основные понятия темы, причины, которые привели к проблеме. Нижние косточки – это факты, подтверждающие наличие сформулированных причин, или суть понятий, указанных на схеме. Хвост – ответ на поставленный вопрос, выводы, обобщение. С помощью данного приема можно сразу проверить знания по отдельно взятому, конкретному вопросу или по целой теме. Диаграмму Ишикавы также можно использовать как для создания проблемной ситуации при изучении нового материала, так и на различных этапах закрепления. Схемы Фишбоун дают возможность организовать работу обучающихся в парах или группах, визуально помочь им увидеть

взаимосвязь между причинами и следствиями, развивают критическое мышление, навыки работы с информацией и умение ставить и решать проблемы.

Диаграмма Венна представляет схематичное изображение всех возможных отношений (объединение, пересечение, симметричная разность) нескольких (часто трех) подмножеств универсального множества. Построение таких диаграмм позволяет увидеть общее и частное при изучении свойств отдельных классов химических веществ. Например, можно выделить общие свойства и особенности химических свойств оксидов серы в разных степенях окисления данного элемента. Следует отметить, что построение диаграмм Венна достаточно сложно для студентов младших курсов, лучше предлагать им проанализировать готовые диаграммы.

Одним из видов инфографики является **таймлайн** (временная шкала, стрела времени, лента времени). Таймлайн представляет собой вертикальную или горизонтальную линию, на которой отмечают по времени разные элементы информации в хронологической последовательности. Стрелу времени хорошо использовать при изучении истории открытия и использования химических элементов, изменении отдельных теоретических представлений в химии, например, понятия о валентности и др.

В отличие от статичного графического способа представления информации **комикс** – это серия рисунков с текстами, образующая связное повествование. Знакомясь с комиксом, обучающиеся следят за сюжетом, началом и концом истории, ее персонажами. Комиксы позволяют передать смысл через активное взаимодействие читателя с письменным языком и сопоставленными последовательными изображениями [7]. В качестве примера использования комиксов при изучении химии можно привести книгу [8]. Несмотря на то что данное издание рассчитано на популярное объяснение предмета, отдельные комиксы вполне можно использовать при объяснении учебного материала как в средней школе, так и в учреждениях высшего образования. Так, например, с помощью комикса можно объяснить, как образуются молекулы и какими свойствами обладают ковалентные, ионные и металлические связи [8]. Отрисовка комикса может быть и заданием для студентов при изучении отдельных вопросов.

Следует отметить, что создание инфографики всегда должно быть направлено на конкретную аудиторию и преследовать определенные образовательные цели. Написать текст или список обычно гораздо легче, дешевле и быстрее, чем подобрать материал и обработать его в различных форматах – текст, графика, видео, таблицы и т. д. Облегчают работу бесплатные сервисы для создания инфографики: Canva, Venngage, Easel.ly, Creately и др. Для поиска идей и вдохновения по различным темам хорошо

подходит социальная сеть Pinterest. С ее помощью можно создавать свои собственные коллекции изображений, сохраняя туда понравившиеся идеи, и использовать их в будущем.

В заключение необходимо подчеркнуть, что использование инфографики при изучении химии способствует более глубокому пониманию отдельных химических концепций, позволяет не только визуализировать представляемый учебный материал, но и организовать активную самостоятельную работу обучающихся как в аудиторном, так и во внеаудиторном формате и служит источником обратной связи для преподавателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Телешов, С. В. Как это было в XIX веке – формулы веществ и уравнения / С. В. Телешов, Е. В. Телешова, Т. А. Мирюгина // Sviridov Readings 2018 : 8-th Intern. Conf. of Chemistry and Chemical Education : Books of abstracts. – Minsk : Krasiko-Print, 2018. – Р. 212–213.

2. Отвалко, Е. А. Наглядное моделирование как средство обучения общей химии / Е. А. Отвалко, Е. Я. Аршанский // Химия в школе. – 2021. – № 3. – С. 11–20.

3. Лаптева, О. В. Химия в инфографике / О. В. Лаптева, Т. А. Жуляева. – М. : Эксмо, 2021. – 160 с.

4. Василевская, Е. И. Инфографика в учебном процессе по химии / Е. И. Василевская, А. В. Богданова // Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 нояб. 2023 г. – Минск : БГПУ, 2024. – С. 67–71.

5. Ильязова, Л. М. Скрайбинг как современное средство обучения химии / Л. М. Ильязова, Ю. А. Маркова // Международный журнал экспериментального образования. – 2018. – № 10. – С. 11–15.

6. Роль визуализации учебной информации в условиях образовательного процесса у студентов медико-биологического профиля по дисциплине «Аналитическая химия» / В. В. Уранова, О. В. Близняк, М. В. Мажитова, Р. Р. Исякаева // Russian Journal of Education and Psychology. – 2022. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-vizualizatsii-uchebnoy-informatsii-v-usloviyah-obrazovatel'nogo-protsessa-u-studentov-mediko-biologicheskogo-profilya-po> (дата обращения: 31.01.2025).

7. Павлов, И. И. Разработка и применение образовательных комиксов / И. И. Павлов, Н. О. Баланова // Химия в школе. – 2019. – № 10. – С. 31–34.

8. Гоник, Л. Химия. Естественная наука в комиксах / Л. Гоник, К. Кридл ; пер. с англ. В. Горбункова. – М. : Колибри : Азбука-Аттикус, 2015. – 256 с.

[К содержанию](#)

УДК 37.091.3:54-057.87

В. Ю. ГУРСКАЯ, С. М. ПАНТЕЛЕЕВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Франциска Скорины

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ

Со стремительным развитием технологий, глобализацией и информационным изобилием функциональная грамотность становится ключевой компетенцией, определяющей успешность личности в различных сферах жизни. Она представляет собой не просто сумму знаний, но и способность применять эти знания на практике, ориентироваться в потоке информации, критически мыслить, эффективно взаимодействовать с окружающими и принимать обоснованные решения. В этом контексте роль учителя приобретает особое значение. Учащиеся ежедневно сталкиваются с огромным массивом информации из различных источников, далеко не всегда достоверных и объективных. Формирование умения анализировать, отбирать и критически оценивать информацию становится первостепенной задачей. Не стоит забывать и о современных требованиях к выпускникам школ, которые подразумевают не только освоение предметных знаний, но и наличие гибких навыков, позволяющих адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка труда и социальной жизни.

На первый план выходит **функциональная грамотность** – способность применять полученные знания и умения в реальных жизненных ситуациях для решения практических задач. В контексте химического образования это означает, что ученики должны не просто знать, что такое кислота или щелочь, а понимать, как эти вещества взаимодействуют, как их безопасно использовать в быту, как они влияют на окружающую среду и здоровье человека.

Химия – это фундаментальная наука, и нельзя представить себе современный мир без этого раздела знаний. Химия играет огромную роль в технологическом развитии и повышении качества жизни. Тем не менее химическое образование как таковое сталкивается с рядом актуальных проблем, и их решение необходимо для подготовки специалистов будущего и формирования научного мировоззрения у учащихся. В данной статье авторы хотели бы поделиться собственным видением проблем образования в области химии и предложить пути их решения. Основной проблемой является отсутствие сочетания классических методов преподавания и элементов современных технологий обучения.

Традиционное обучение, которое фокусируется на заучивании фактов и формул, не помогает современным детям понять химические процессы и их реальное применение. Можно предложить переход к обучению через решение проблемных ситуаций – использование кейс-методов (пример использования: разбор кейса об отравлении *метиловым спиртом* – *причины, последствия, меры предосторожности*), проектов (*создание проекта по разработке экологичного чистящего средства для дома*) и исследовательских заданий, которые позволяют ученикам искать решения, применяя знания химии. Можно предложить учащимся решить проблемную ситуацию: изучить загрязнения воды в ближайшем водоеме и представить разработку методов ее очистки.

Следует не забывать об интеграции химии с другими дисциплинами. Актуален показ взаимосвязи химии с биологией, физикой, математикой и экологией, что позволяет учащимся видеть химию как часть единой научной картины мира. Например, при изучении химического состава продуктов питания в контексте биологических процессов в организме важно показывать учащимся, как химические знания применяются в различных сферах жизни, например в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве и других. Можно обсуждать химический состав продуктов питания, лекарств, косметики, бытовой химии и других предметов, с которыми учащиеся сталкиваются в повседневной жизни. На уроке можно предложить анализ состава энергетических напитков и их влияния на здоровье. Современных учащихся очень привлекает использование виртуальных лабораторий и онлайн-симуляторов, что предоставляет возможность проводить эксперименты в виртуальной среде даже при отсутствии необходимого оборудования в школе. Существует множество качественных онлайн-ресурсов, которые можно использовать для этих целей.

Педагогу нужно учить детей анализировать информацию, отличать факты от мнений, выявлять причинно-следственные связи, оценивать достоверность источников информации и формулировать собственные выводы. Можно предложить учащимся проанализировать рекламный ролик бытовой химии с целью выявления манипуляций и недостоверной информации. Многие учащиеся считают химию сложной и скучной наукой, не понимая ее практической значимости. Это приводит к снижению мотивации к обучению и негативному отношению к предмету. Следует всегда осуществлять показ практической значимости химии, демонстрируя связи химии с повседневной жизнью, технологиями, медициной и другими областями, которые интересны учащимся, например обсуждать химические процессы, лежащие в основе работы мобильных телефонов или косметических средств, внедрять в учебный процесс игры, викторины и конкурсы, которые позволяют учащимся усваивать материал в увлекательной форме.

При изучении химии необходимо осуществлять стимулирование учащихся к углубленному изучению химии и развитию исследовательских навыков; привлекать обучающихся к олимпиадам и конкурсам; предоставлять учащимся возможность увидеть, как химия применяется на практике, и возможность пообщаться с профессиональными химиками. С целью развития профессиональных компетенций актуально предлагать учащимся экскурсии на предприятия и в научные учреждения, что позволит им расширить кругозор химических аспектов в промышленности и сельском хозяйстве.

Традиционные формы контроля (тесты, контрольные работы) не всегда позволяют оценить уровень понимания предмета и умение применять знания на практике. Существуют альтернативные формы оценки – оценка проектов, исследовательских работ, презентаций, портфолио и других видов деятельности, которые позволяют учащимся продемонстрировать свои знания и навыки в более широком контексте. Необходимо ввести четкие критерии оценки для каждого вида деятельности, которые позволят учащимся понимать, что от них ожидается, и объективно оценивать свою работу.

Решение актуальных проблем химического образования требует комплексного подхода, включающего обновление содержания и методик обучения, улучшение материально-технической базы, повышение квалификации педагогов и стимулирование интереса учащихся к химии. Только в этом случае мы сможем подготовить будущих специалистов, способных решать сложные задачи и развивать химическую науку и промышленность, а также сформировать у учащихся научное мировоззрение и понимание важности химии для современного мира.

Формирование функциональной грамотности на уроках химии – это не просто модный тренд, а насущная необходимость, продиктованная современными вызовами и требованиями. Только обладая функциональной грамотностью, выпускники школ смогут успешно адаптироваться к быстро меняющемуся миру, принимать осознанные решения, решать сложные проблемы и вносить вклад в развитие общества. Задача учителя химии – не просто передавать знания, а создавать условия для формирования у учащихся умения применять эти знания на практике, развивать их критическое мышление и готовить к успешной жизни в информационном обществе. Интеграция этих подходов в образовательный процесс не только повысит интерес к предмету, но и подготовит учащихся к реальным жизненным вызовам, где знания химии становятся не просто теорией, а инструментом для решения практических задач.

[К содержанию](#)

УДК 349.6.001.891.3

М. А. ЖУКОВИЧ, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ПО ХИМИИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Актуальность. В учреждениях общего среднего образования научно-исследовательская работа учащихся играет важную роль в образовательном процессе, способствует развитию личности и формированию профессиональных навыков, способствует внесению вклада в развитие науки и решение актуальных проблем окружающей среды.

Проведение научно-исследовательской работы по химии способствует развитию у учащихся самостоятельности и ответственности, практических навыков, критического мышления. Кроме того, научные исследования помогают учащимся осознать важность защиты и охраны окружающей среды, мотивируют учащихся делать научные открытия, решать экологические проблемы [1].

Цель исследования – разработать методику организации научно-исследовательской работы учащихся в учреждениях общего среднего образования по определению жесткости питьевой воды.

Материалы и методы исследования: анализ научно-методической литературы, сравнение материалов исследования, питьевая вода (пос. Беловежский, г. Высокое, аг. Рясна, д. Оберовщина Каменецкого района).

Результаты исследования. Научно-исследовательская работа – деятельность, которая направлена на изучение объекта, процесса и явления всесторонне, а также рассмотрение структуры и связей, получение и внедрение в практику полезных для человечества результатов.

Основная цель научно-исследовательской работы – получение новых знаний и углубление имеющихся знаний, развитие профессиональных навыков, формирование научного мировоззрения учащихся.

Для организации в учреждениях общего среднего образования научно-исследовательской работы учащихся по изучению жесткости питьевой воды необходимо знать следующие основные шаги ее реализации:

1. Определение темы исследования, постановка цели и задач.
2. Разработка плана проведения исследования.
3. Подбор методики проведения химического эксперимента, подготовка химического оборудования и реактивов.

4. Овладение методики проведения химического эксперимента путем проведения исследования.

5. Оформление научного исследования, а также выводов по результатам исследования.

6. Представление результатов исследования на конкурсе или конференции экологического или химического направления [2].

Научно-исследовательская работа учащихся по изучению жесткости питьевой воды включает в свою структуру следующие разновидности исследования:

1. Теоретико-информационные исследования – учащиеся проводят анализ и систематизацию научной литературы по теме «Жесткость питьевой воды. Пути уменьшения жесткости питьевой воды», изучают методику проведения химического эксперимента.

2. Экспериментально-исследовательская деятельность – учащиеся проводят химический эксперимент в лаборатории по изучению жесткости питьевой воды – комплексонометрическое титрование, анализируют результаты исследования [1].

Проведение научно-исследовательской работы по изучению жесткости питьевой воды требует применения разнообразных педагогических методов, которые способствуют развитию практических навыков, помогают углубить знания и мотивируют к проведению научных исследований. Ключевыми педагогическими методами обучения являются: *проблемное обучение*, которое способствует развитию критического мышления у учащихся и творческого подхода (перед учащимися ставится научная проблема – жесткость питьевой воды; учащиеся разрабатывают гипотезы ее возникновения, изучают методы понижения жесткости питьевой воды, проводят химический эксперимент и подводят итоги проведенной работы); *мозговой штурм* применяется в начале проведения научно-исследовательской работы по изучению жесткости питьевой воды (учащиеся выдвигают гипотезы и идеи, разработанные в группе, предлагают возможные пути решения поставленных перед ними задач по решению проблемы жесткости питьевой воды). Применение педагогических методов обучения при проведении научно-исследовательских работ учащихся по химии помогает развивать у учащихся навыки креативного подхода к решению задач, критического мышления, способствует углублению знаний по выбранной исследовательской теме – «Жесткость питьевой воды. Пути уменьшения жесткости питьевой воды».

Изучая педагогические методы обучения, можно выделить некоторые формы научно-исследовательской работы учащихся по применению педагогических методов обучения: индивидуальные исследования, которые способствуют развитию аналитических навыков учащихся; групповые

исследования, развивающие практические навыки, необходимые для проведения экспериментального исследования [1].

Для проведения научно-исследовательской работы по изучению жесткости питьевой воды, проведения комплексометрического титрования могут быть задействованы: школьный кабинет химии, лаборатория университета, научно-исследовательские институты, лаборатории производств, летние школы.

Выводы. 1. Научно-исследовательская работа обеспечивает эффективное проведение исследований и достижение образовательных целей.

2. Научно-исследовательская работа учащихся способствует углублению знаний в определенной теме, а также всестороннему теоретическому развитию учащихся.

3. Научно-исследовательская работа способствует развитию критического мышления, формированию интереса и навыков, необходимых для успешной учебной и профессиональной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маюрова, Л. В. Современные подходы к организации учебно-исследовательской деятельности школьников / Л. В. Маюрова // Молодой ученый. – 2014. – № 21 (80). – С. 660–664.

2. Вайндорф-Сысоева, М. Е. Технология исполнения и оформления научно-исследовательской работы : учеб.-метод. пособие / М. Е. Вайндорф-Сысоева. – М. : ЦГЛ, 2006. – 95 с.

[К содержанию](#)

УДК 691.542

А. В. КАКЛЮГИН, Л. И. КАСТОРНЫХ

Российская Федерация, Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «СУЛЬФАТОСТОЙКИЕ ЦЕМЕНТЫ» УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Раздел «Специальные цементы» учебной дисциплины «Строительное материаловедение» является одним из наиболее сложных для освоения студентами, обучающимися по направлению подготовки «Строительство» (уровень бакалавриата). Объясняется это прежде всего тем, что специальные цементы предназначены для бетонных и железобетонных

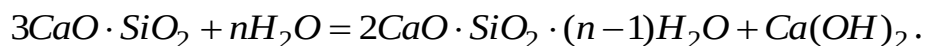
конструкций, эксплуатируемых в особых условиях при воздействии агрессивных сред [1]. Кроме этого, следует учитывать, что в последние годы в действие введено несколько новых основополагающих государственных стандартов, регламентирующих технические требования к общестроительным и специальным цементам, а также методы оценки их качества. Их содержание существенно отличается от ранее действовавших нормативно-технических документов и в настоящее время еще недостаточно отражено в учебной литературе и на образовательных ресурсах сети Интернет.

На предшествующих лекционных и лабораторных занятиях преподавателю необходимо сформировать у студентов представление о назначении, технологии получения, вещественном составе и стадиях твердения портландцемента. При этом важно раскрыть роль каждого клинкерного минерала портландцемента в формировании прочного и долговечного искусственного камневидного материала. Следует привести классификацию видов коррозии цементного камня по В. М. Москвину, объяснить виды внешних агрессивных воздействий и раскрыть влияние минералогического состава портландцементного клинкера и активных минеральных добавок на стойкость бетона в агрессивных средах [2; 3]. Оценку сформированности полученных обучающимися знаний и их готовности к изучению нового сложного материала целесообразно осуществить проведением соответствующей контрольной работы или тестирования.

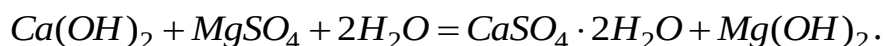
Одним из специальных видов цементов является сульфатостойкий портландцемент, выпускаемый в соответствии с требованиями ГОСТ 22266-2013 [4]. При изложении этой темы необходимо обратить внимание студентов на то, что применение бетонов на основе сульфатостойких цементов является одной из главных мер первичной защиты строительных конструкций от коррозии, обеспечивающей их стойкость при эксплуатации в средах, агрессивных по содержанию сульфатов. Растворы сульфатных солей часто содержатся в морских, грунтовых и других минерализованных водах. Их химическое взаимодействие с компонентами цементного камня приводит к образованию соединений, занимающих больший объем, чем исходные продукты реакции. Это вызывает появление в бетоне внутренних напряжений и его растрескивание. Указанные процессы называют коррозией цементного камня третьего вида, в которой можно выделить два этапа: сульфатную (гипсовую) и сульфоалюминатную коррозии [5].

Сульфатная коррозия обусловлена кристаллизационным давлением кристаллов двуводного гипса, образующихся в порах цементного камня в результате обменных реакций между гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$

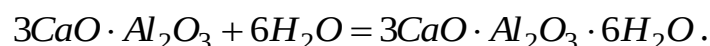
и сульфатами, например сульфатом магния $MgSO_4$. Гидроксид кальция образуется в результате гидратации и гидролиза главного клинкерного минерала портландцемента – трехкальциевого силиката (алита):



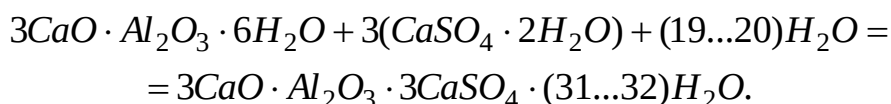
Содержание $3CaO \cdot SiO_2$ (C_3S) в портландцементном клинкере составляет 40–60 %. Соответственно количество $Ca(OH)_2$ в цементном камне через 3 месяца твердения составляет 10–15 % (в пересчете на CaO), а его растворимость в воде при обычной температуре равна примерно 1,3 г/л [5]. Взаимодействие гидроксида кальция с сульфатом магния агрессивной среды приводит к образованию двуводного гипса:



Кристаллизация гипса в порах цементного камня происходит с увеличением объема, что уже может привести к растрескиванию бетонных конструкций, но этот процесс является только первым этапом коррозии цементного камня третьего вида. В дальнейшем гипс реагирует с гидроалюминатом кальция цементного камня, являющимся продуктом гидратации еще одного клинкерного минерала – трехкальциевого алюмината:



Содержание $3CaO \cdot Al_2O_3$ (C_3A) в портландцементном клинкере может составлять 3–15 %. Взаимодействие гипса с гидроалюминатом кальция приводит к образованию в порах цементного камня малорастворимого трехсульфатного гидросульфалюмината кальция (этtringита):



Образование этtringита сопровождается увеличением объема твердой фазы примерно в два раза. Развивающееся в порах цементного камня кристаллизационное давление приводит к растрескиванию защитного слоя бетона. Вслед за этим происходит коррозия стальной арматуры, усиление растрескивания бетона и разрушение конструкции. Вследствие разрушающего действия на цементный камень и внешнее сходство

кристаллов этtringита (в виде белых игл) с некоторыми бактериями его иногда называют «цементной бациллой» и «белой смертью бетона» [2; 5]. Кроме этого, необходимо отметить, что структура гидроалюмината кальция характеризуется повышенной пористостью, что обуславливает повышение проницаемости и снижение морозостойкости бетона [6].

Таким образом, описание вышеизложенных процессов должно помочь преподавателю объяснить студентам, что повышение стойкости бетона к сульфаталюминатной коррозии можно достичь за счет уменьшения содержания в цементном камне минералов, способных к химическому взаимодействию с агрессивной средой, и прежде всего трехкальцевого алюмината. Это положение лежит в основе ГОСТ 22266-2013 на сульфатостойкие цементы и находит свое отражение в том, что их производят на основе портландцементного клинкера нормированного минералогического состава [7]. Нормирование минералогического состава клинкера в данном случае заключается в ограничении содержания в его составе C_3A , но зависит от типа цемента по вещественному составу. В клинкере сульфатостойкого портландцемента без минеральных добавок (ЦЕМ I СС) содержание C_3A не должно превышать 3,5 %, сульфатостойкого портландцемента с минеральными добавками (ЦЕМ II СС) – 5,0 %, а в клинкере сульфатостойкого шлакопортландцемента (ЦЕМ III СС) – 7,0 %. При этом в клинкере цемента типа ЦЕМ III СС дополнительно нормируют суммарное содержание трехкальцевого алюмината и четырехкальцевого алюмоферрита – $(C_3A + C_4AF) \leq 22$ %. Последнее ограничение обусловлено тем, что в результате гидратации и гидролиза C_4AF также получают гидроалюминаты кальция, способные образовывать этtringит при взаимодействии с гипсом.

Следует объяснить студентам, что возможность увеличения содержания алюминатных минералов в клинкере для сульфатостойкого цемента с минеральными добавками и для сульфатостойкого шлакопортландцемента обусловлена, с одной стороны, его меньшим количеством в вещественном составе этих цементов, а с другой – способностью некоторых активных минеральных добавок связывать гидроксид кальция в труднорастворимые соединения. Этой способностью, называемой пуццоланическими свойствами, обладают материалы, состоящие преимущественно из реакционноспособных оксидов кремния SiO_2 и алюминия Al_2O_3 . Пуццоланические свойства характерны для горных пород вулканического (пеплы, пемзы, туфы и др.) или осадочного (диатомиты, трепелы, опоки и др.) происхождения. Также ими обладают некоторые искусственные материалы – микрокремнезем,

глиеж, золы-уноса и пр. Однако в заключение изложения данной темы преподавателю важно подчеркнуть, что бетон на основе цемента типа ЦЕМ I СС, кроме высокой коррозионной стойкости, как правило, дополнительно обладает повышенной морозостойкостью и низкой проницаемостью. С увеличением же количества C_3A в клинкере и минеральных добавок в вещественном составе цементов типа ЦЕМ II СС и особенно ЦЕМ III СС эти свойства бетона существенно ухудшаются.

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. Междунар. науч.-метод. конф., Брест, 22–23 нояб. 2012 г. / Брест. гос. техн. ун-т, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГТУ, 2012. – С. 77–81.

2. Семенов, В. С. Неорганические вяжущие вещества : учеб. пособие / В. С. Семенов, Н. А. Сканави, Б. А. Ефимов. – М. : НИМГСУ, 2016. – URL: <https://bstudy.net/796133/estestvoznanie/primenenie> (дата обращения: 21.01.2025).

3. 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.

4. Цементы сульфатостойкие. Технические условия : ГОСТ 22266-2013. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293771/4293771005.pdf> (дата обращения: 21.01.2025).

5. Ферронская, А. В. Долговечность конструкций из бетона и железобетона : учеб. пособие / А. В. Ферронская. – М. : АСВ, 2006. – 336 с.

6. Каклюгин, А. В. Химические аспекты преподавания раздела «Цемент для дорожных бетонов» учебной дисциплины «Дорожное материаловедение» / А. В. Каклюгин, Л. И. Касторных // Менделеевские чтения – 2024 : 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. – Брест : БрГУ, 2024. – С. 232–236.

7. 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 54:378.147

И. В. КОВАЛЕВА, О. В. ПОДДУБНАЯ

Беларусь, Горки, БГСХА

**ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ВЕКТОР ИЗУЧЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ СТУДЕНТАМИ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ
ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ»**

Ориентация высшей школы на компетентностную модель профессиональной подготовки обусловлена качественными преобразованиями характера и содержания труда, что инициирует изменение роли практико-ориентированного подхода в процессе обучения студентов в целях обеспечения профессионального мышления, мобильности и адаптивности будущих специалистов. Его следует рассматривать как внутренне мотивированную деятельность, выполнение которой требует от студентов достаточно высокого уровня самосознания, самодисциплины [4].

Органические вещества являются материальными носителями жизни на Земле. Каждая живая клетка содержит десятки органических соединений, в том числе таких сложных, как липиды, белки, углеводы, нуклеиновые кислоты, гормоны, витамины, которые находятся в постоянных взаимопревращениях, обеспечивая жизнедеятельность организмов. В сложном комплексе физико-химических процессов, протекающих в организме и составляющих основу жизни, участвуют преимущественно органические вещества. Химия базируется на знании структуры и свойств этих веществ и позволяет понять закономерности химических процессов, протекающих в живых организмах. Изучение химического состава органических веществ и живых организмов, а также закономерностей химических реакций, лежащих в основе биохимических превращений, дает возможность управлять процессами жизнедеятельности с целью повышения продуктивности животноводства, птицеводства и рыбоводства [1; 2].

Задачи практико-ориентированного подхода при изучении раздела «Биологическая химия» студентами специальности «Производство продукции животного происхождения»:

1) закрепить знание теоретического материала, используя необходимый инструментарий, практическим путем (проработка текстового материала на основе вопросов для самоподготовки, выполнение лабораторных работ, заданий по модульно-рейтинговой технологии обучения, тестов для самопроверки, написание рефератов, создание электронного сопровождения отдельных изучаемых вопросов);

2) применить полученные знания и практические навыки для анализа ситуации и выработки правильного решения (подготовка к решению ситуационных задач, в том числе и экспериментальных, участию в научно-исследовательской работе),

3) сформировать навыки адаптации научных знаний и умений по биохимии к целям и задачам профессиональной деятельности [3].

Для обеспечения компетентного подхода к изучению раздела «Биологическая химия» содержание лабораторно-практических заданий разделено на несколько модулей. В каждый модуль включены определенные блоки тем. Например, в теме «Обмен липидов» выделены следующие обязательные вопросы для самостоятельной работы: переваривание жиров, тканевый липолиз, биосинтез и окисление глицерина и высших жирных кислот в тканях, биосинтез кетоновых тел, биосинтез нейтральных жиров и фосфатидов. Выполнение лабораторных работ по данной теме включает: качественные реакции на кетоновые тела, качественные реакции на желчные кислоты, переваривание жиров липазой.

Вопросы для итогового контроля к модулю: распад жиров, гидролиз их при участии липазы, обмен глицерина, механизмы β -окисления высших жирных кислот, их локализация в клетке, обмен ацетил-КоА, механизм биосинтеза высших жирных кислот, малонил-КоА как акцептор ацильных остатков. Студент, приступающий к изучению раздела «Биологическая химия», получает информацию обо всех темах и особенностях биохимических процессов в организме животных.

Предлагаемая система организации практико-ориентированного подхода студентов под руководством преподавателя является одним из наиболее эффективных направлений при изучении раздела «Биологическая химия», развивает самостоятельную творческую деятельность, стимулирующую приобретение и закрепление знаний. Развитие системы образования и перемены, происходящие в современном обществе, требуют научно-методического обеспечения содержательных и структурных перемен в системе подготовки современного специалиста, поиска новых форм и методик на всех этапах этой работы.

Таким образом, полноценная профессиональная подготовка будущих специалистов зоотехнического профиля невозможна без обеспечения личностно-деятельностного и практико-ориентированного подходов в обучении, которые реализуются в условиях творческой учебной деятельности студентов и при грамотной организации самостоятельной работы студентов.

Практико-ориентированный подход позволяет также сформировать у студентов целостное восприятие процессов пищеварения, показать их тесную связь с жизнедеятельностью биологических систем, сделать

изучение биохимии как можно более эффективным и увлекательным. Особое внимание уделено основным этапам переваривания питательных веществ корма, всасывания продуктов переваривания и транспортировки их ко всем органам и тканям; рассмотрен синтез веществ тканей собственного организма животного, распад веществ с образованием промежуточных и конечных продуктов обмена, процесс выделения конечных продуктов обмена. Отмечены особенности пищеварения у разных видов сельскохозяйственных животных и рыб.

Знания пищевых потребностей животных и рыб, процессов пищеварения, характера использования пищи позволят грамотно составлять искусственные кормовые смеси, обнаруживать причинно-следственную связь между кормлением и заболеванием организма и тем самым достигать максимально эффективного процесса ассимиляции пищи [2].

Таким образом, изучаемые темы имеют профессиональную направленность, что помогает сформировать у студентов биологическое мышление. Понимание студентами общих закономерностей поведения органических соединений в химических реакциях во взаимосвязи с их строением, умение прогнозировать свойства органических соединений, опираясь на теоретические концепции органической химии, позволяют получить базовые знания для освоения дисциплин профессионального цикла, прежде всего кормления, разведения сельскохозяйственных животных, ветеринарии, зоогигиены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных / С. Ю. Зайцев. – СПб. : Лань, 2004. – 382 с.
2. Ковалева, И. В. Химия. Биохимия пищеварения : курс лекций / И. В. Ковалева, О. В. Поддубная. – Горки : БГСХА, 2019. – 76 с.
3. Николаев, А. Я. Биологическая химия : учебник / А. Я. Николаев. – М. : Мед. информ. агентство, 2004. – 566 с.
4. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого : учеб. для вузов / В. И. Слесарев. – СПб. : Химиздат, 2001. – 784 с.

[К содержанию](#)

УДК 372

А. М. КАВАЛЕНКА

Беларусь, Брэст, БрДУ імя А. С. Пушкіна

**ВЫКАРЫСТАННЕ ПРАФЕСІЙНА АРЫЕНТАВАНЫХ
ВІДЭАМАТЭРЫЯЛАЎ У НАВУЧАННІ ЗАМЕЖНАЙ МОВЕ
СТУДЭНТАЎ ПРЫРОДАЗНАЎЧЫХ СПЕЦЫЯЛЬНАСЦЕЙ**

Сучасны падыход да навучання замежнай мове на нямоўных спецыяльнасцях ВНУ прадугледжвае, што замежная мова з'яўляецца неад'емным кампанентам прафесійнай падрыхтоўкі сучаснага спецыяліста. У адпаведнасці з праграмай па замежнай мове для прыродазнаўчых спецыяльнасцей БрДУ імя А. С. Пушкіна мэтай навучання замежнай мове з'яўляецца фарміраванне іншамоўнай камунікатыўнай кампетэнцыі спецыяліста, якая дазваляе выкарыстоўваць замежную мову як сродак прафесійных і міжасобасных зносін. Дасягненне гэтай мэты прадугледжвае выкананне комплексу задач, важнай сярод якіх з'яўляецца задача навучыць разумець аўтэнтычнае іншамоўнае маўленне на слых [1].

Шырокая даступнасць анлайн-відэа стала адным з найбольш прыкметных праяў штодзённай прысутнасці Інтэрнэту ў нашым жыцці. Для цяперашняга пакалення студэнтаў анлайн-відэа з'яўляецца часткай штодзённай рэальнасці. Відавочнай з'яўляецца неабходнасць выкарыстоўваць іх магчымасці і для дасягнення адзначанай навучальнай мэты, паколькі анлайн-відэа, якое ўключае аўдыявізуальныя элементы, уздзеінічае на розныя органы пачуццяў, пры гэтым з'яўляецца адным з відаў аўтэнтычных матэрыялаў для развіцця навыкаў аўдзіравання.

Пры ўсёй разнастайнасці відэамацэрыялаў у Сетцы праблема падбору відэа застаецца актуальнай. Для кожнага ўрока або тэмы выкладчык павінен падабраць такое відэа, якое стала б карысным для навучання. Дзеля гэтага варта ўлічваць некаторыя крытэрыі адбору відэа: узровень валодання англійскай мовай, структура відэа, працягласць, аўтэнтычнасць, адпаведнасць тэме ўрока, жанр і інш.

Аўтэнтычнасць відэа – відавочны крытэрыі. Аўтэнтычнае відэа – гэта відэа, створанае для носьбітаў мовы на іх роднай мове і не прызначанае спецыяльна для мэт выкладання або вывучэння замежнай мовы [2]. Карысць выкарыстання аўтэнтычнага відэа прызнаецца як выкладчыкамі, так і навучэнцамі. У нашым выпадку для прафесійна арыентаванага выкладання замежнай мовы бачыцца мэтазгодным выкарыстоўваць кароткія, выразныя, лаканічныя адукацыйныя відэаролікі, якіх шмат у свабодным доступе на анлайн-платформах і якія могуць дапамагчы

студэнтам засвойць складаныя канцэпцыі па шырокім спектры прыродазнаўчых тэм.

Асобна трэба адзначыць магчымасці TED Talks. У апошнія гады TED Talks ператварыўся ў глабальны інтэрнэт-цэнтр абмену ідэямі і інфармацыяй. Пры выкладанні англійскай мовы як замежнай відэазапісы канферэнцый TED Talks (і TED-Ed у прыватнасці) прадстаўляюць шырокія магчымасці для развіцця і ўдасканалення моўных навыкаў у займальнай і інфарматыўнай форме. Плюсам звароту да TED Talks з'яўляецца наяўнасць субтытраў і скрыпту (расшыфроўкі) відэа. Пытанне аб тым, ці павінны відэа, якія выкарыстоўваюцца для вывучэння англійскай мовы, суправаджацца субтытрамі (на роднай мове ці на англійскай), выклікае значныя рознагалосці сярод даследчыкаў у галіне вывучэння моў. Чытанне субтытраў дазваляе навучэнцу “адключыць” свае намаганні па пошуку сэнсу роліка (з дапамогай кантэксту, распазнавай лексікі або іншых вербальных і невербальных падказак), такім чынам, пры наяўнасці субтытраў гэты навык пошуку сэнсу, неабходны ў рэальным жыцці, не развіваецца. Замест субтытраў расшыфроўка відэа, якая прадстаўляецца на патрэбным этапе ўрока, дапаможа больш поўна зразумець яго змест і адпрацаваць навыкі чытання. Пры гэтым важна не прад'яўляць скрыпт занадта рана, а даваць расшыфроўку паслядоўна, выкарыстоўваючы яе так, каб навучэнцы маглі папрактыкавацца ў сканіраванні тэксту, здабыць з яе дапамогай пэўную дакладную інфармацыю.

Відавочна неабходны правільны падбор відэаматэрыялаў, арганізаваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ўдасканалення існуючых метадык. У прыватнасці, на сённяшні дзень у навучальным працэсе рэкамендуецца паэтапна выкарыстоўваць відэаматэрыялы. Важная роля адводзіцца папярэдняму, пераддэманстрацыйнаму этапу, які забяспечвае больш глыбокае разуменне зместу відэаматэрыялу. Мэтай дэманстрацыйнага этапу з'яўляецца развіццё моўных і маўленчых навыкаў навучэнцаў, разуменне зместу відэаматэрыялу. Заданні паслядэманстрацыйнага этапу павінны актывізаваць творчы працэс. Асаблівая ўвага тут надаецца розным тыпам пераказу. Такім чынам, існуе цесная ўзаемасувязь паміж развіццём чатырох асноўных маўленчых навыкаў, пры гэтым аўдзіраванне адыгрывае важную ролю ў іх развіцці.

Дадатковыя магчымасці пры выкладанні прафесійна арыентаванай замежнай мовы ў ВНУ дае выкарыстанне тэхналогіі Flipped Classroom (“перавернуты клас”). Наш вопыт ужывання тэхналогіі “перавернуты клас” з выкарыстаннем рэсурсу TED-Ed для актуальных тэм, якія патрабуюць больш глыбокай і дэталёвай прапрацоўкі, паказвае, што дадзеная мадэль не толькі паляпшае навыкі аўдзіравання, але і садзейнічае развіццю навыкаў аўтаномнага навучання, павышае матываванасць студэнтаў.

Такім чынам, выкарыстанне аўтэнтычных відэаматэрыялаў становіцца ўсё больш неабходным на ўроках замежнай мовы. Яны з'яўляюцца асновай і для развіцця навыкаў чытання, спрыяюць спалучэнню слыху, зроку і рэакцыі адначасова. Відэаматэрыялы праз запамінальныя візуальныя вобразы дапамагаюць стварыць у навучэнцаў больш дакладнае ўяўленне пра тое, што яны вывучаюць, прыкметна паляпшаюць іх слоўнікавы запас праз прыклады выкарыстання слоў, ідыём і выразаў у іх аўтэнтычным моўным асяроддзі. Відэаматэрыялы дапамагаюць матываваць студэнтаў да вывучэння замежнай мовы, спрыяюць стварэнню спакойнай атмасферы ў класе, ператвараюць навучанне ў задавальненне. Варта адзначыць таксама і тое, што такім чынам студэнты знаёмяцца з дыдактычнымі магчымасцямі відэаматэрыялаў. Пазней яны могуць выкарыстоўваць іх падчас сваёй педагагічнай практыкі і далейшай працы ў школе для актывізацыі пазнавальнай дзейнасці і павышэння матывацыі да працэсу навучання ўжо ў сваіх вучняў.

Падводзячы вынік, можна сцвярджаць, што ва ўмовах нямоўнага асяроддзя выкарыстанне прафесійна арыентаваных аўтэнтычных відэаматэрыялаў пры выкладанні замежнай мовы ў ВНУ апраўдана і неабходна для прафесійнай падрыхтоўкі будучых спецыялістаў. Выкарыстанне ў навучальных мэтах сучасных арыгінальных аўтэнтычных відэаматэрыялаў прафесійнай накіраванасці дазваляе наблізіць вучэбную сітуацыю да рэальнай, павышае цікавасць да вывучэння замежнай мовы, спрыяе развіццю ўсіх кампанентаў іншамоўнай камунікатыўнай кампетэнцыі.

СПІС ВЫКАРЫСТАНАЙ ЛІТАРАТУРЫ

1. Иностранный язык : учеб. программа учреждения высш. образования по учеб. дисциплине для специальностей 1-02 04 01 «Биология и химия», 1-33 01 01 «Биоэкология», 1-31 01 01-02 «Биология (научно-педагогическая деятельность)». – Рег. № УД-05-010-16 / уч.

2. Kachkynchyeva, A. Zh. Using authentic video materials to increase motivation to learn a foreign language / A. Zh. Kachkynchyeva, E. Zh. Zhumagulova, K. S. Anarbaeva // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2023. – Vol. 12-2 (87). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/using-authentic-video-materials-to-increase-motivation-to-learn-a-foreign-language> (date of access: 01.02.2025).

[К содержанию](#)

УДК 372.854

В. В. КОВАЛЕНКО, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ ПРЕДМЕТНОЙ
ХИМИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ
ДИСЦИПЛИНЫ «КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ»)**

В настоящее время в педагогической науке и практике образовательного процесса все большее значение приобретает компетентностный подход. Многие исследователи отмечают, что компетентностный подход способствует повышению качества подготовки специалистов.

Мы придерживаемся точки зрения, в соответствии с которой в модели предметной химической компетенции выделяют три компонента: содержательный, процессуальный и контрольно-оценочный [1]. Содержательный компонент предметной химической компетенции связан с содержанием конкретной учебной дисциплины, процессуальный – с практическим воплощением целей обучения, контрольно-оценочный позволяет установить, реализованы ли цели процесса обучения.

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	Формы обучения	Педагогический контроль
Простое вещество	Методы обучения	Самооценка
Сложное вещество	Средства обучения	
Химический эксперимент		
Математические расчеты		

Отметим, что в рамках разных химических дисциплин содержание процессуального и контрольно-оценочного компонентов может быть практически одинаковым, а содержательный компонент является

индивидуальным для каждой дисциплины, поскольку он непосредственно связан с ее содержанием.

Нами разработан содержательный компонент предметной химической компетенции применительно к различным химическим дисциплинам [2–5]. В настоящей работе предложена структура содержательного компонента предметной химической компетенции, формируемой в рамках учебной дисциплины «Коллоидная химия».

Коллоидная химия – наука о дисперсных системах. Предмет ее изучения весьма специфичен и отличается от предмета изучения других химических дисциплин, например общей и неорганической химии или органической химии.

Являясь междисциплинарной отраслью знаний, коллоидная химия имеет большое значение в подготовке учителей биологии и химии, поскольку расширяет представления о структуре веществ, формирует представления об особом коллоидном состоянии, имеющем огромное значение в процессах жизнеобеспечения живых организмов, технологических процессах и других областях жизнедеятельности человека. Данная учебная дисциплина имеет содержательные взаимосвязи с учебным предметом «Химия». В таблице 2 приведены темы учебного предмета «Химия» и изучаемые вопросы, имеющие содержательные взаимосвязи с дисциплиной «Коллоидная химия».

Таблица 2 – Содержательные взаимосвязи дисциплины «Коллоидная химия» с учебным предметом «Химия»

Тема учебного предмета «Химия»	Изучаемые вопросы
Первоначальные химические понятия (7-й класс)	Чистые вещества и смеси
Кислород (7-й класс)	Воздух как смесь газов
Вода (7-й класс)	Охрана окружающей среды – водоемов, атмосферы, почв от загрязнений
Химия растворов (11-й класс)	Растворы как гомогенные системы, их отличие от механических смесей

Применительно к дисциплине «Коллоидная химия» предметная химическая компетенция связана со знанием классификации, методов получения, свойств дисперсных систем, сформированностью навыков экспериментальной работы по получению и изучению свойств дисперсных систем, умений обработки данных химического эксперимента, решения качественных и расчетных задач. Структура содержательного компонента предметной химической компетенции применительно к дисциплине «Коллоидная химия» приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Содержательный компонент предметной химической компетенции применительно к дисциплине «Коллоидная химия»

Модуль	Содержание модуля
Химический элемент	Знание квантово-механической модели строения атома; знание электронного строения атомов химических элементов и ионов
Простое вещество	Знание строения простых веществ, их физических свойств и реакционной способности
Сложное вещество	Умение определять тип химической связи и структуру вещества; знание классификации и методов получения дисперсных систем; знание оптических, молекулярно-кинетических и электрокинетических свойств дисперсных систем; знание теорий строения двойного электрического слоя; знание теорий коагуляции золей; умение составлять формулы мицелл
Химический эксперимент	Умение планировать химический эксперимент по получению и изучению свойств дисперсных систем (суспензий, эмульсий, гелей, золей, растворов ВМС), объяснять его результаты; грамотное обращение с лабораторным оборудованием и посудой (пипетка Мора, вискозиметр)
Математические расчеты	Умение проводить расчеты по уравнениям химических реакций; навыки расчетов с различными способами выражения концентрации растворов; умение определять порог коагуляции золя

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 // Педагогическая 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 // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 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. – 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. – 2023. – Вып. 19. – С. 173–180.

[К содержанию](#)

УДК 502.1:37.012.7:371.335.6

О. А. КОНОПАЦКАЯ, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ПРОГРАММА ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА ПО ХИМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Актуальность. Значимость факультативного обучения заключается в том, что его внедрение в образовательные учреждения позволяет наиболее эффективно осуществить образовательные потребности и интересы обучающихся, обеспечивая разнообразные подходы к их подготовке. Факультативные занятия расширяют кругозор в области химии и связанных секторов, что, в свою очередь, поможет выпускникам быстрее освоить профессии в сфере естественных наук после окончания школы.

На основании вышеизложенного факультативная работа – это форма организации химического образования, занимающая промежуточное положение между уроками и внеурочной работой [1].

Факультативные занятия углубляют знания учащихся, полученные на уроке, позволяют получить дифференциальные полезные навыки. Факультативный курс направлен на реализацию индивидуального подхода к учащимся, предоставляет выбор широкого спектра форм занятий, ориентированных на становление многосторонней личности и формирование научного мировоззрения.

Целью организации факультативных занятий по химии является повышение качества образования учащихся, ознакомление их с современными достижениями химии и производств, с «химическими» специфичностями региона.

Цель исследования – разработать программу факультативного курса по химии, содержащую анализ данных мониторинга выбросов загрязняющих веществ для учащихся учреждений общего среднего образования.

Материалы и методы: теоретический анализ научно-методической и образовательно-экологической литературы.

Результаты исследований. Современные проблемы экологии и охраны окружающей среды требуют от молодого поколения не только понимания основ химии, но и умения анализировать данные о состоянии окружающей среды. В связи с этим разработка факультативного курса по химии, включающего темы, основанные на данных мониторинга выбросов загрязняющих веществ, становится актуальной и необходимой.

Программы факультативных занятий построены для всех классов с учетом содержания учебного плана по химии, где изучение каждой из программ рассчитано не менее чем на 35 часов (1 час в неделю).

Факультативный курс разработан для учащихся 11-го класса.

Название факультатива: экологический мониторинг.

Цель факультативного курса – формировать у учащихся представление о воздействии химических веществ на окружающую среду, ознакомить их с методами сбора и анализа данных о загрязнении, а также развить навыки критического мышления и научного подхода к решению экологических проблем.

Задачи:

1. Формирование знаний о химических процессах в окружающей среде: изучение основных источников загрязнения окружающей среды химическими веществами и методов мониторинга и анализа выбросов.

2. Развитие навыков работы с данными мониторинга: освоение методов анализа и визуализации данных (графики, диаграммы), формирование умений прогнозировать экологические последствия загрязнения.

3. Развитие аналитического мышления: умение выявлять причинно-следственные связи между загрязнением и его последствиями, развитие способности к системному анализу экологических проблем.

4. Формирование экологической культуры: воспитание ответственного отношения к окружающей среде.

Факультативный курс содержит такие темы, как источники загрязнения (промышленные предприятия, транспорт, сельскохозяйственная деятельность и т. д.), виды выбросов (органические, неорганические, газообразные, твердые, жидкие), методы мониторинга, представления о классах опасности загрязняющих веществ, знакомство с предельно допустимыми концентрациями выбросов, а также влияние загрязняющих веществ на здоровье человека и экосистемы. Содержание курса факультативного занятия с использованием данных мониторинга загрязняющих веществ представлено в таблице.

На практических занятиях мы рекомендуем делать доклады и проекты, анализировать данные мониторинга выбросов загрязняющих веществ: составлять диаграммы, определять превышение предельно допустимой концентрации и процентное изменение количества выбросов за определенный период, делать выводы.

Обучающиеся смогут работать с реальными данными, проводить научные исследования, участвовать в проектной деятельности и презентовать свои результаты.

Для повышения интереса к факультативным занятиям рекомендуется проводить экскурсии на промышленные предприятия, на которых учащиеся знакомятся с процессом промышленного производства и методами сбора

данных о выбросах загрязняющих веществ. Такие экскурсии могут содействовать выбору профессии для выпускников, связанной с промышленностью.

Таблица – Содержание факультативного курса

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество часов
Экологический мониторинг (11 класс)		
1	Введение	1
2	Загрязнители биосферы	10
2.1	Естественное и антропогенное загрязнения	2
2.2	Виды выбросов: органические и неорганические	2
2.3	Практическое занятие 1	2
2.4	Агрегатные состояния выбросов	3
2.5	Занятие рефлексивного обобщения	1
3	Показатели выбросов	9
3.1	Классы опасности. 1–2 класс	2
3.2	Классы опасности. 3–4 класс	2
3.3	Предельно допустимая концентрация	2
3.4	Практическое занятие 2	2
3.5	Экскурсия	1
4	Мониторинг и охрана окружающей среды	14
4.1	Методы сбора данных загрязняющих веществ	2
4.2	Стационарные и нестационарные источники выбросов	2
4.3	Правила анализа мониторинга данных	1
4.4	Практическое занятие 3	2
4.5	Результат загрязнения окружающей среды	2
4.6	Влияние выбросов загрязняющих веществ на здоровье человека	1
4.7	Способы уменьшения количества выбросов	3
4.9	Практическое занятие 4	1
5	Итоговая конференция	1
Всего		35

Вывод. Факультативный курс по химии, основанный на анализе данных мониторинга выбросов, способствует развитию аналитического мышления, формированию экологической культуры и личностного роста учащихся.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельшцкая, Е. Л. Факультативные занятия по химии как средство допрофильной подготовки учащихся / Е. Л. Бельшцкая, Н. В. Манкевич // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе : сб. науч. ст. / гл. ред. Е. Я. Аршанский. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. – С. 19–21.

[К содержанию](#)

УДК 373.57-054

З. С. КУНЦЕВИЧ

Беларусь, Витебск, ВГМУ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ
РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «СОДЕРЖАНИЕ
И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ
ДИСЦИПЛИН ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ
В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ»**

Одной из форм освоения инновационных процессов в образовании, формирования у преподавателей умения анализировать и обобщать свой педагогический опыт и результаты педагогической инновационной деятельности своих коллег и в целом учреждения образования является повышение квалификации преподавателей в области методики преподавания химических дисциплин, которое осуществляется в Витебском государственном ордена Дружбы народов медицинском университете.

Целью программы повышения квалификации «Содержание и методические аспекты преподавания дисциплин химического профиля в медицинском университете» также является повышение уровня предметно-методической компетентности преподавателей химических дисциплин в области проектирования содержания учебных программ и учебных занятий на основе практико-ориентированного подхода, направленных на формирование профессиональных компетенций у обучающихся и обогащение методического инструментария преподавателей.

Учебная программа направлена на решение следующих задач:

– расширение и углубление знаний преподавателей о современных формах образовательной деятельности в медицинском университете, стратегиях, методах химического образования в свете современных достижений методической науки; об организационно-педагогических условиях, обеспечивающих реализацию целей обучения, развития и воспитания в процессе преподавания химических дисциплин, а также преемственность и непрерывность образовательной деятельности в условиях медицинского университета; об эффективном использовании электронных ресурсов в химическом образовании студентов медицинского университета;

- совершенствование профессиональных навыков: планирования и проектирования содержания учебной работы с учетом специфики преподаваемых химических дисциплин, ее организации и анализа результатов; разработки научно-методического обеспечения преподавания химических дисциплин в медицинском университете;

- развитие у преподавателей химических дисциплин умений критически анализировать свою педагогическую деятельность, изучать и обобщать инновационный педагогический опыт.

Реализация учебной программы повышения квалификации преподавателей направлена на осуществление следующих функций профессиональной деятельности:

- реализация образовательных программ высшего медицинского образования в соответствии со спецификой преподаваемых учебных дисциплин;

- организация и осуществление научно-методической работы в учреждении образования в соответствии со спецификой преподаваемых учебных дисциплин;

- организация и осуществление воспитательной работы в учреждении образования, а также решение задач профессиональной деятельности:

- планирование и проектирование содержания учебной работы с учетом специфики преподаваемых учебных дисциплин, ее организация и анализ результатов;

- разработка научно-методического обеспечения образования (учебно-программной документации образовательных программ, учебно-методической документации, учебных, научных и иных изданий, контрольно-измерительных материалов, информационно-аналитических материалов и иное).

Содержание учебной программы повышения квалификации включает два раздела:

1. Содержание учебных дисциплин химического профиля в медицинском университете.

2. Методические аспекты преподавания учебных дисциплин химического профиля в медицинском университете.

В первом разделе изучаются такие темы, как:

- модель специалиста и содержание обучения химическим дисциплинам в медицинском университете;

- научно-методологические основания обучения химическим дисциплинам;

- анализ и обоснование содержания химических дисциплин в медицинском университете.

В разделе «Методические аспекты преподавания учебных дисциплин химического профиля в медицинском университете» изучаются темы:

- воспитание и развитие личности в процессе обучения дисциплинам химического профиля в медицинском университете;
- методы и средства обучения химическим дисциплинам в медицинском университете.

Важными вопросами в содержании программы являются вопросы гражданского и патриотического воспитания студентов в процессе обучения химическим дисциплинам. Слушатели на практических занятиях формулируют воспитательные задачи применительно к конкретным разделам и темам по химическим дисциплинам, обсуждают подготовку материалов воспитательного характера, основанных на использовании исторической и современной информации о развитии химической науки в Республике Беларусь и вкладе белорусских ученых-химиков в развитие медицинской и фармацевтической науки и практики [2; 3].

Реализация содержания программы способствует решению таких задач профессиональной деятельности, как планирование и проектирование содержания учебной работы с учетом специфики преподаваемых учебных дисциплин, ее организация и анализ результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавронская, Ю. Ю. Методика обучения химии в вузе : учеб. пособие / Ю. Ю. Гавронская. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. – 136 с.
2. 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. / ФГБОУ ВО «КемГМУ» Минздрава России. – Кемерово : КемГМУ, 2021. – С. 134–137.
3. Кунцевич, З. С. Формирование исследовательских умений у преподавателей медицинских университетов и колледжей в системе дополнительного образования / З. С. Кунцевич // Инновационные технологии в системе дополнительного образования взрослых : сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф., Брест, 24–25 сент. 2013 г. – Брест, 2013. – С. 103–106.
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 373.57-054

**З. С. КУНЦЕВИЧ, Т. О. КОНОНОВА, Н. В. ДЕМЕНКОВА,
Т. А. КОНЮШКО**

Беларусь, Витебск, ВГМУ

**ОРГАНИЗАЦИЯ РУБЕЖНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ
ПО ХИМИИ У АНГЛОГОВОРЯЩИХ СТУДЕНТОВ
МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (НА ПРИМЕРЕ
РАЗДЕЛА «УЧЕНИЕ О РАСТВОРАХ»)**

Обучение будущего врача в медицинском университете начинается с изучения естественно-научных дисциплин, обеспечивающих формирование у студентов знаний о физико-химических и биохимических процессах, происходящих в организме человека. Изучение химических дисциплин на первых курсах медицинского университета создает базу для последующего освоения материала общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Это обусловлено тем, что применение химической науки в медицине внесло много инноваций в развитие фармацевтической промышленности, ортопедической стоматологии, медицинского протезирования, а также способствовало стремительному развитию новых технологий лечения [1].

Медицинская химия – учебная дисциплина химического модуля, содержащая систематизированные научные знания о веществах и их превращениях, сопровождающихся изменением состава, строения и свойств, необходимые для понимания основ разработки новых лекарственных веществ, а также о физико-химических методах качественного и количественного анализа биологических жидкостей, растворов лекарственных веществ и биополимеров. Изучение этой дисциплины направлено на формирование базовых профессиональных компетенций, основу которых составляет знание о химических и физико-химических основах процессов жизнедеятельности организма человека, применении современных химических и физико-химических методов исследования для изучения медико-биологических и медицинских проблем.

Для реализации вышеуказанных задач преподаватели применяют различные методы мотивации и интенсификации обучения студентов, как правило, на основе интегративно-контекстного подхода.

В основе методики интегративно-контекстного обучения дисциплине «Медицинская химия» лежит интеграция теоретической и практической подготовки будущих врачей. Это обеспечивается преемственностью между отдельными разделами учебной дисциплины «Медицинская химия»

через формирование внутрипредметных и межпредметных связей химии с другими учебными дисциплинами, а также через моделирование образовательной среды, максимально приближенной по форме и содержанию к будущей профессиональной деятельности.

Одним из важных разделов в образовательной программе по учебной дисциплине «Медицинская химия» является раздел «Учение о растворах». При изучении данного раздела изучаются такие важные в профессиональном плане вопросы, как вода как универсальный растворитель в биосистемах; физико-химические свойства воды, обуславливающие ее роль в процессах жизнедеятельности; способы выражения состава раствора: молярная концентрация, нормальная концентрация, моляльность, массовая доля, мольная доля; осмотическое давление; полупроницаемые мембраны в организме человека; осмолярность и осмоляльность биологических жидкостей и перфузионных растворов, осмотическое давление плазмы крови, распределение воды в организме человека между клетками и внеклеточной жидкостью, плазмолиз и гемолиз, гипо-, гипер- и изотонические растворы в медицине; водородный показатель (рН) как количественная мера активной кислотности и щелочности, интервал значений рН важнейших биологических жидкостей, виды кислотности биологических жидкостей, кислотно-основной индикатор; буферные растворы и системы; буферные системы крови: гидрокарбонатная, гемоглобиновая, фосфатная и белковая; понятие о кислотно-щелочном равновесии в биологических жидкостях, респираторный и метаболический ацидоз и ацидемия, алкалоз и алкалемия.

При изучении данного раздела у студентов формируются знания о том, что нормальная жизнедеятельность организма невозможна без поддержания постоянных характеристик, таких как температура, осмотическое давление, концентрация веществ во внутриклеточных и тканевых жидкостях организма.

По окончании изучения раздела проводится рубежный контроль знаний в виде контрольной работы, который позволяет определить уровень сформированности важных в профессиональном плане знаний и расчетных умений.

Учитывая то, что в медицинском университете обучается большое количество иностранных студентов, в том числе и англоговорящих, актуальным становится необходимость разработки диагностических материалов на английском языке [2]. В данной статье мы приводим один из вариантов контрольной работы, которая используется для диагностики знаний иностранных студентов при изучении раздела «Учение о растворах».

Контрольная работа включает 15 тестовых заданий и четыре ситуационные задачи. Ниже приводится содержание одного из вариантов контрольной работы.

Вариант 1*Тестовые задания*

1. Mass of salt in 50 g of 10 % NaCl solution is (grams):
 1. 5000 2. 5 3. 0.5 4. 500
2. The amount of salt that is contained in 1.5 liters of a 0.01M solution of Na₂SO₄ is (mole):
 1. 0.015 2. 1.5 3. 4 4. 0.1
3. What is the molar mass of an equivalent of H₃PO₄ (through the molar mass of the substance):
 1. M/4 2. M/3 3. M/2 4. M/1.
4. What is the molar concentration of an equivalent of a 0.3M solution of aluminum nitrate?
 1. 0.3 N 2. 0.1 N 3. 0.9 N 4. 0.6 N
5. The concentration of hydrogen ions [H⁺] in the solution is 0.01 mol/l. The pOH of the solution is:
 1. 10 2. 12 3. 2 4. 3
6. The concentration of hydroxide ions [OH⁻] in the solution is 1·10⁻³ mol/l. The pH of the solution is:
 1. 3 2. -11 3. 11 4. 8
7. Acetate buffer system consists of:
 1. CH₃COOH/CH₃COONa 3. CH₃COOH/NaHCO₃
 2. NaHCO₃/H₂CO₃ 4. CH₃COOH/CH₃COONH₄
8. When a solution of NaOH is added to the hydrocarbonate buffer system, a buffer system component enters the reaction, the formula of which is:
 1. CH₃COOH 2. CH₃COONa 3. NaHCO₃ 4. H₂CO₃
9. The coordination number in the complex K₃[Cu(SCN)₄] is equal:
 1. 4 2. 8 3. 3 4. 7
10. The oxidation state of the central metal ion in the [Cr(NH₃)₃(CO)₃]Cl₃ complex is equal:
 1. +3 2. -3 3. +2 4. 0
11. The charge of the coordination sphere in the [Cr(H₂O)₄(CO₃)]Cl is equal:
 1. +1 2. -1 3. +2 4. -4
12. A solution of what substance in water will have the highest osmotic pressure at the same temperature and the same molar concentrations of dissolved substances?
 1. Sucrose 3. Potassium sulfate
 2. Glucose 4. Sodium acetate
13. The isotonic coefficient of the solution of which electrolyte is the highest if the molar concentrations of all solutions are equal (the degree of dissociation is 1)?
 1. NaOH 2. Na₂SO₄ 3. Na₃PO₄ 4. CaCl₂

14. What electrolyte aqueous solution will have the lowest freezing point if the molal concentrations of solutes in all solutions are the same?

1. KOH 2. CaCl_2 3. K_2SO_4 4. AlCl_3

15. What phenomenon is observed when a plant cell is placed in distilled water?

1. Hemolysis 3. Turgor
2. Plasmolysis 4. Shrinking and drying cells

Complete tasks:

1. Calculate the pH of the buffer solution prepared by mixing 10 ml of 0.1M Na_2HPO_4 solution and 10 ml of 1M NaH_2PO_4 solution ($\text{pK}(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 7.2$). Describe the mechanism of the buffer action of the resulting solution.

2. Write the formula of the complex compound: pentaamminechlorocobalt(III) nitrate and the corresponding instability constant of the complex ion.

3. For the reaction with 20 ml of FeSO_4 solution in an acidic medium, 20 ml of 0.025N KMnO_4 solution were consumed. Calculate the mass (g) of FeSO_4 in 150 ml of solution.

4. Calculate how many grams of copper chloride should be taken to prepare a 150ml 0.5N solution? Determine the percent by mass of CuCl_2 in this solution ($d = 1.2 \text{ g/ml}$).

Письменная контрольная работа является одним из важных методов проверки знаний и умений. Однородность используемых вариантов контрольной работы позволяет ко всем студентам предъявлять одинаковые требования и повышает объективность оценки результатов обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деменкова, Н. В. Интегративно-контекстный подход как основание разработки содержания и типологии ситуационных задач по медицинской химии / Н. В. Деменкова, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 79-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 24–25 янв. 2024 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. Н. Чуканов (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГМУ, 2024. – 1 CD-ROM.

2. Кононова, Т. О. Оценка надежности теста по дисциплине «Медицинская химия» с использованием метода расщепления / Т. О. Кононова, Г. А. Прошина, З. С. Кунцевич // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации : материалы 79-й науч. сессии ВГМУ, Витебск, 24–25 янв. 2024 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т ; редкол.: А. Н. Чуканов (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГМУ, 2024. – 1 CD-ROM.

[К содержанию](#)

УДК 378.14:54

**И. Е. МАЛАШОНОК, С. Л. РАДЧЕНКО, О. И. САЛЫЧИЦ,
В. А. АШУЙКО, Н. А. ГВОЗДЕВА**
Беларусь, Минск, БГТУ

АКТИВИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ НА ЛЕКЦИЯХ

В статье рассматривается и анализируется опыт авторов преподавания дисциплин «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия» студентам первого курса Белорусского государственного технологического университета. Формирование профессиональных компетенций у студентов химико-технологических специальностей предполагает активное применение теоретических знаний на практике. Лекции в активизации учебной деятельности студентов играют наиважнейшую роль. Рассмотрены приемы, используемые на лекциях, способствующие лучшему усвоению учебного материала.

Лекция, когда преподаватель традиционно читает, излагая содержание теоретических положений, меньше всего заинтересовывает студентов. Студенты первого курса сталкиваются с новой для них сложной задачей освоения большого объема теоретического материала по строению атома, химической связи, лабораторным и промышленным методам получения и свойствам неорганических веществ, их строению, реакционной способности, способам выражения состава раствора, термодинамическим расчетам и др.

Чтобы понять материал, студенту нужно заставлять себя быть внимательным, поскольку внимание ослабевает через 15–20 минут монолога преподавателя. Для того чтобы лекция стала продуктивной, необходимо отойти от стандартного изложения учебного материала в виде монолога преподавателя, организовать лекцию таким образом, чтобы заинтересовать студентов, чтобы они стали активными участниками процесса. Современная молодежная аудитория лучше воспринимает визуальную информацию, в связи с чем при изложении обучающимся теоретического материала стоит в большей мере использовать инфографику, методы визуальной коммуникации и обратной связи. Использование наглядных пособий, таких как видеоролики, картинки, схемы, таблицы, оживляет лекцию.

Для лучшего усвоения теоретического материала в начале лекции следует сообщить, что будет рассмотрено, привести оглавление рассматриваемого материала, выделяя таким образом ключевые аспекты, и далее последовательно вычеркивать рассмотренные пункты оглавления.

Для контроля и проверки полноты конспекта преподаватель разрабатывает перечень вопросов, ответы на которые студент должен найти в своем конспекте лекций. Эти же вопросы включены в экзаменационные билеты. Преподаватели кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники в учебном процессе широко используют дистанционные образовательные технологии на базе Moodle [1–3]. Вопросы размещены в веб-приложении Moodle. При этом студент выстраивает логичное и последовательное изложение темы, что пригодится ему при подготовке к экзамену. При изложении материала важно выделять аналогии, подчеркивать корреляции и периодически повторять главные задачи рассматриваемой темы.

Следует отметить, что информация никогда не была столь легкодоступной, как в настоящее время. Не секрет, что зачастую студенты во время лекции отвлекаются, рассчитывая позже без проблем найти нужную информацию с использованием современных программных интернет-ресурсов и нейросетей. Одним из самых больших отвлекающих факторов, с которыми сегодня сталкиваются преподаватели, являются смартфоны. С другой стороны, есть замечательная возможность использовать смартфоны для активизации работы студентов на лекции.

Задача преподавателя – организовать лекцию таким образом, чтобы студенты имели заинтересованность в усвоении необходимой теоретической информации, алгоритмов использования данной информации при решении практических задач.

С целью активизации работы студентов на лекции преподаватели нашей кафедры используют технологии Moodle [1–3]. Основным средством контроля работы студентов на лекции является небольшой экспресс-тест в редакторе Moodle в середине или в конце лекции. Чтобы студенты не списывали, можно ограничить время прохождения теста (не более 4–5 минут) и число попыток.

Несложные и не требующие расчетов вопросы теста создаются на основе лекционного материала. Система автоматически проверяет ответы, отмечает допущенные ошибки и указывает набранный балл, показывающий степень усвоения теоретического материала.

Проведение небольшого теста во время лекции оживляет аудиторию, вынуждает студентов более внимательно слушать лекцию, вести конспект, демонстрирует умение работать с полученной информацией, владение алгоритмами применения этой информации.

В конце лекции необходимо подвести итоги того, что обсуждалось и насколько материал лекции понятен студентам. Проведение теста и подведение итогов позволяют слушателям при необходимости

проконсультироваться у преподавателя и выяснить ответы на вопросы, которые вызвали затруднение при тестировании.

Для оценки эффективности предлагаемой методики включения экспресс-тестов в лекцию был проведен сравнительный анализ результатов сессии в группах, где использовалась и не использовалась данная методика (рисунок). Для сравнения были взяты группы одной специальности с контингентом, близким по уровню подготовки.

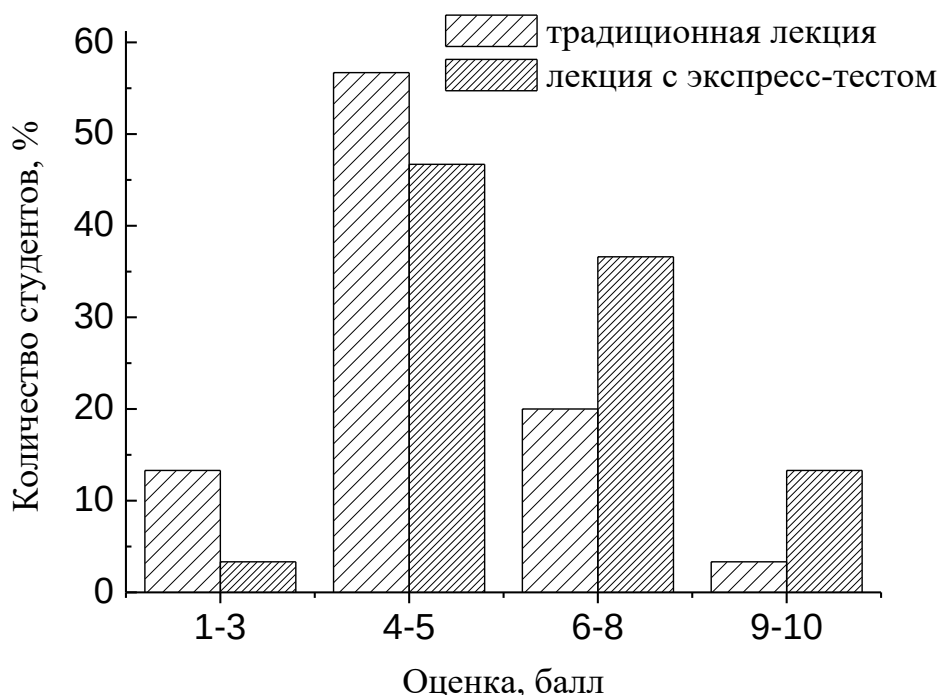


Рисунок – Гистограммы распределения оценок студентов в рамках экзамена по дисциплине «Теоретические основы химии» в учебных группах, где не использовалась и использовалась методика проведения лекций с экспресс-тестированием

По результатам проведения экзамена по дисциплине «Теоретические основы химии» в учебных группах, в учебном процессе которых использовалась методика проведения лекций с экспресс-тестированием, следует отметить большее количество оценок, соответствующих среднему 6–8 (36,6 %) и высокому 9–10 (13, %) уровню подготовки студентов по сравнению с оценками в учебных группах, в учебном процессе которых не применялась данная методика, – 20,0 и 3,3 % для 6–8 и 9–10 баллов соответственно. Количество студентов с низким уровнем подготовки (балл 4–5) по результатам экзамена в разных анализируемых учебных группах сопоставимо: 46,7 и 56,7 %. В то же время количество

неаттестованных студентов по результатам экзамена в учебных группах, в учебном процессе которых применялась методика экспресс-тестов, значительно меньше – 3,3 % – по сравнению с группами, в которых проводились традиционные лекционные занятия, – 13,3 %.

Проведение экспресс-теста во время лекции позволяет лектору выявить отсутствующих студентов, студентов с низким уровнем подготовки, с которыми следует проводить индивидуальную работу. Таким студентам следует больше времени выделять на самоподготовку при выполнении индивидуальных домашних заданий для успешной сдачи экзамена.

Опыт проведения лекций с включением в лекцию экспресс-теста показал свою эффективность и целесообразность проведения экспресс-теста для анализа степени усвоения студентами рассматриваемого на лекции материала.

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, Belarus, April 13–14, 2021. – Minsk : BSY, 2021. – P. 122.

[К содержанию](#)

УДК 372.8:57

И. А. МАРТЫСЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ФОРМИРОВАНИЕ БИОЛОГО-ХИМИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ В ДИСЦИПЛИНЕ «БИОЛОГИЯ. 11 КЛАСС»

Важнейшая цель обучения биологии – дать осознанные, систематические и прочные знания учащимся. О прочных знаниях мы говорим в том случае, если на уроках идет формирование понятий. Биология как учебная дисциплина является системой понятий, развивающихся в логической последовательности и находящихся во взаимосвязи. Классификация понятий является вопросом спорным, по нему нет единой точки зрения. При этом, наиболее известной является классификация понятий Н. М. Верзилина и В. М. Корсунской [1].

Учебное пособие «Биология. 11 класс» [2] начинается с главы «Химические компоненты живых организмов». При изучении этой главы идет формирование важнейших биолого-химических понятий, без знания которых невозможно понимание учебного материала, изложенного далее в учебном пособии.

Проведем анализ содержательного аспекта некоторых параграфов главы «Химические компоненты живых организмов» с точки зрения формирования биолого-химических понятий. В первом параграфе вводится понятие о макро- и микроэлементах. Для успешного овладения учебным материалом учащиеся должны повторить из дисциплины «Химия» обозначения химических элементов, а из дисциплины «Биология. 9 класс» отдельные моменты, связанные со строением организма человека. Тогда можно полностью осознать содержательный аспект таблицы «Биологически важные химические элементы», касающийся вопросов анатомии человеческого организма. В таблице, в частности, показано, что натрий участвует в генерации нервных импульсов, поддерживает ритм сердечной деятельности, влияет на синтез гормонов, играет важную роль в водно-солевом обмене живых организмов, обозначена роль кальция и других элементов.

Во втором параграфе «Химические соединения в живых организмах. Неорганические вещества» особое внимание уделено характеристике воды как важнейшего неорганического вещества. Здесь акцентируется внимание на следующих понятиях: полярность молекулы воды, водородная связь, гидрофильные и гидрофобные вещества, тургорное давление.

Из органических веществ особое внимание уделяется белкам. Именно при изучении белков идет формирование понятий «биологический

полимер» и «мономер». Без знания того, что мономерами белков являются аминокислоты, знания уровней структурной организации белковых молекул не представляется возможным изучение сложнейшего вопроса «синтез белка на рибосомах», который изучается далее.

Тема «Углеводы» является начальной для формирования цепочек биолого-химических понятий. Одна из цепочек имеет вид дезоксирибоза (пентоза) – ДНК – хроматин (хромосома: спирализованный хроматин) – хранение и передача наследственной информации.

Перечень биолого-химических понятий, формируемых на основе изучения первой главы учебного пособия «Биология. 11 класс», обширный. Это и вышеназванные понятия, и многие другие понятия: ферменты, углеводы, липиды, биологически активные вещества, алкалоиды и т. д.

При формировании биолого-химических понятий на уроках биологии в одиннадцатом классе важно правильно подобрать методы обучения. Через методы и формы работы с учащимися раскрывается содержательный аспект учебного материала. Формированию понятий способствуют не только классические методы обучения, такие как объяснение, беседа, наблюдение, эксперимент, но и инновационные. Они являются в данной ситуации путями активизации учебного процесса.

Одним из таких путей может являться применение элементов технологии модульного обучения. Цель модульного обучения – достижение высокого уровня конечных результатов, определение учащимися своих возможностей, гибкое построение содержания обучения, интеграция различных его видов и форм, комфортный темп работы обучаемого.

Ведущие принципы модульного обучения – мобильность, структуризация содержания обучения, динамичность, действенность и оперативность знаний, гибкость, осознанная перспектива, разносторонность методического консультирования. Методическая сущность модульной технологии заключается в предоставлении учащемуся центрального места в системе «учитель – ученик», перевод учащегося из состояния объекта обучения и воспитания в состояние активной деятельности как субъекта жизни. Основные характеристики модульной технологии – мотивация деятельности; паритетные отношения учителя и учеников; возможность общения с товарищами; открытость конечных результатов деятельности и гарантированность их достижения; «мягкий» контроль в процессе освоения учебного содержания; психологический комфортный климат на уроке. Учитель должен точно сформулировать цель урока, задачи каждого этапа урока, разбить учебное содержание на отдельные логически завершённые учебные элементы, продумать алгоритм выполнения каждого из них, определить способы учебной деятельности учащихся, спрогнозировать результат, подготовить необходимое количество копий

текста урока (технологическая карта должна быть у каждого ученика или хотя бы на каждой парте) [3, с. 40].

Условиями успешности применения данной технологии являются хорошо составленный учителем модуль, а также доступное изложение материала в учебном пособии по биологии. Примерами уроков, на которых формируются биолого-химические понятия, трансформированными в модуль, могут быть уроки на темы «Химические соединения в живых организмах», «Неорганические вещества», «Углеводы», «Свойства и функции белков», «Липиды».

Кроме того, на уроках по формированию биолого-химических понятий можно применить элементы технологии проблемного обучения. При проблемном обучении преподаватель не сообщает знания в готовом виде, а ставит перед учащимся задачу (проблему), заинтересовывает его, пробуждает у него желание найти способ ее разрешения.

Ключевым понятием проблемного обучения является проблемная ситуация. Проблемная ситуация – это интеллектуальное затруднение человека, возникающее в случае, когда он не знает, как объяснить явление, факт, процесс действительности.

Проблемная ситуация в обучении имеет обучающую ценность только тогда, когда предлагаемое ученику проблемное задание соответствует его интеллектуальным возможностям, способствует пробуждению у обучаемых желания выйти из этой ситуации, снять возникшее противоречие.

Например, при переходе к учебному материалу урока на тему «Строение и функции РНК. АТФ» можно создать проблемную ситуацию путем постановки вопроса «Как вы думаете, являются ли РНК и АТФ нуклеиновыми кислотами?». Учащиеся могут высказать некоторые предположения по поводу данного вопроса, но точный ответ смогут дать только в конце урока. Для ответа на данный вопрос нужно изучить строение РНК и АТФ, понять принципиальную разницу между ними, а также вспомнить определение нуклеиновых кислот.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верзилин, Н. М. Общая методика преподавания биологии : учеб. для студентов пед. ин-тов / Н. М. Верзилин, В. М. Корсунская. – М. : Просвещение, 1983. – 563 с.

2. Дашков, М. Л. Биология : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / М. Л. Дашков, А. Г. Песнякевич, А. М. Головач. – Минск : Нар. асвета, 2021. – 303 с.

3. Мартысюк, И. А. Методика преподавания биологии : учеб. пособие / И. А. Мартысюк, О. С. Подоляк. – Брест : БрГУ, 2021. – 151 с.

[К содержанию](#)

УДК 577.11:57.013

А. В. МЕЛЮХ, О. В. КОРЗЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ИНТЕГРАЦИЯ ВОПРОСОВ ХИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА В ШКОЛЬНЫЙ КУРС ХИМИИ**

При изучении химии раскрывается роль естественных наук в совершенствовании технологий, способствующих прогрессивному и устойчивому развитию человеческого общества. Изучение вопросов химизации необходимо вести на основе знаний о закономерностях течения химических реакций, что способствует осознанному восприятию материала: учащиеся не просто заучивают свойства веществ и условия течения химических процессов, а прогнозируют их на основе знания теории. На основании этого в школьную практику начали вводиться факультативные курсы, такие как «Химия в промышленности», «Химия в сельском хозяйстве», обеспечивающие углубление знаний о промышленных способах получения популярных неорганических и органических веществ, роли химии в решении сельскохозяйственных задач. Развивались навыки практического эксперимента, способствующие сближению теории с практикой.

Изучение вопросов химизации сельского хозяйства в общеобразовательной школе постоянно привлекало внимание методистов и учителей. Предпринимались попытки обеспечения учащихся агрохимическими знаниями и умениями на внеклассных занятиях, с помощью производственной практики в сельском хозяйстве. Сегодня эта задача успешно решается благодаря введению профильного образования.

Современное сельское хозяйство сталкивается с рядом вызовов, включая рост населения, изменение климата, истощение природных ресурсов и необходимость повышения продовольственной безопасности. В условиях глобализации и стремительного научно-технического прогресса химизация сельского хозяйства становится важным инструментом для решения этих проблем. Химизация включает в себя использование химических веществ, таких как удобрения, пестициды и регуляторы роста, необходимых для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и защиты их от вредителей и болезней. Однако, несмотря на очевидные преимущества, этот процесс также вызывает множество экологических и социальных проблем, требующих глубокого анализа и критического осмысления [1, с. 263]. В связи с этим интеграция вопросов химизации сельского хозяйства в школьный курс химии представляется актуальной и необходимой. Изучение химизации сельского хозяйства

в контексте школьного курса химии позволяет учащимся осознать значимость химических знаний в практической жизни.

Образование играет ключевую роль в формировании экологически сознательного общества, способного принимать взвешенные решения о будущем продовольственной безопасности и об устойчивом развитии. Включение тем, связанных с химизацией сельского хозяйства, в учебные программы по химии может не только обогатить знания учащихся о химических процессах, но и развить у них понимание взаимосвязи между наукой, технологиями и реальными проблемами, с которыми сталкивается общество [2, с. 143]. Учащиеся знакомятся далеко не со всеми вопросами химизации сельского хозяйства, а лишь с теми из них, которые включены в содержание учебного курса химии, не выходя за пределы учебной программы и вполне доступны для них, т. к. главная задача общеобразовательной средней школы – обеспечить усвоение основ химии.

В школьном курсе химии к основам химизации сельского хозяйства можно отнести следующие вопросы:

1. Химический состав почвы, а также процессы известкования и гипсования почвы, их значение и химическая сущность.

2. Влияние на развитие растений химических элементов: углерода, азота, фосфора, калия, кислорода, водорода.

3. Наиболее распространенные природные соединения важнейших, необходимых для сельскохозяйственных растений химических элементов.

4. Круговорот в природе кислорода, азота, углерода и других химических элементов, необходимых для сельскохозяйственных растений; роль растений и животных в этом круговороте химических элементов.

5. Фотосинтез, его значение и сущность; роль растений и животных в синтезе углеводов, липидов и белков.

6. Минеральные удобрения (их состав, значение и химическая сущность производства).

7. Химические регуляторы роста и развития сельскохозяйственных растений.

8. Важнейшие химические средства борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений (их состав, свойства и влияние на организм).

9. Химические способы борьбы с болезнями и вредителями растений (протравливание семян, окуливание и химическая прополка).

10. Химическая переработка сельскохозяйственных продуктов: сущность производства сахара, крахмала, гидролизного спирта, мыла, а также переработки клетчатки, жиров, белков и т. д.

На примере изучения темы «*Основные классы неорганических соединений*» (8 класс) рассматривается значение некоторых солей (хлористый калий, аммиачная селитра) в сельском хозяйстве в качестве

минеральных удобрений, а также использование различных солей, таких как медный и железный купорос, хлорид бария и др., в качестве химических средств защиты от вредителей сельскохозяйственных культур.

Наиболее обширный материал для изучения основ химизации сельского хозяйства представлен в теме «*Азот и фосфор*» (9 класс). Здесь учитель объясняет значение азота для растений и его круговорот в природе, знакомит с органическими и минеральными удобрениями, уделяет внимание основным азотным удобрениям (аммиачной селитре, сульфату аммония, натриевой и кальциевой селитре), а также подчеркивает важность фосфора и его соединений для растений, обсуждая кислотность почвы и влияние удобрений на почвы с различной кислотностью [3, с. 544].

Материал об основах химизации сельского хозяйства не добавляется в курс искусственно, а естественным образом раскрывается в рамках учебной программы по химии. Он уточняет уже существующие в программе вопросы и, таким образом, способствует их более глубокому усвоению. Учитель химии последовательно связывает учебный материал с вопросами сельскохозяйственного производства, постепенно раскрывая перед учащимися научные основы химизации этого процесса.

Важным аспектом интеграции вопросов химизации сельского хозяйства в учебный процесс является междисциплинарный подход. Химия тесно связана с биологией, экологией и экономикой, что открывает возможности для создания комплексных образовательных программ. Например, изучение влияния удобрений на рост растений требует знаний не только о химических реакциях, но и о физиологии растений и взаимодействиях живых организмов в экосистемах [4, с. 384]. Для более глубокого понимания основ химизации сельского хозяйства заинтересованные учащиеся могут самостоятельно проводить научные исследования и создавать проекты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назаренко, Н. Т. Экономика сельского хозяйства : учеб. пособие / Н. Т. Назаренко, С. А. Горланов, Ю. Ю. Попов ; под общ. ред. проф. Н.Т. Назаренко. – Воронеж : ФГОУ ВПО «ВГАУ», 2016. – 263 с.
2. Сударкина, А. А. Химия в сельском хозяйстве / А. А. Сударкина, И. И. Евсеева, А. Н. Орлова. – М. : Просвещение, 2016. – 143 с.
3. Биологические основы сельского хозяйства : учеб. для вузов / И. М. Ващенко [и др.] ; под ред. И. М. Ващенко. – М. ; СПб. : Питер, 2016. – 544 с.
4. Габриелян, Д. С. Теория и методика обучения химии / Д. С. Габриелян. – М. : Академия, 2017. – 384 с.

[К содержанию](#)

УДК 378.01:54

А. А. НЕХАЙЧИК

Беларусь, Минск, БГАТУ

ИНТЕГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПРИ СТАНОВЛЕНИИ ИНЖЕНЕРА-АГРАРИЯ

В настоящее время широко используются образовательные технологии. Однако применение их на практике не всегда дает положительный результат по ряду причин. В основном это причины технического характера, возникающие при использовании современной техники или лабораторного оборудования, требующих определенных навыков при выполнении каких-либо заданий. С другой стороны, возникают проблемы, связанные с уровнем подготовки студентов при внедрении той или иной технологии.

Одной из современных образовательных технологий является дистанционное обучение. Его следует рассматривать в общей системе образования как систему непрерывного образования, предусматривая тем самым преемственность отдельных ее звеньев. Организуя учебный процесс дистанционно, необходимо прежде всего определиться с выбором педагогического, дидактического подхода к системе дистанционного обучения. Кроме того, приходится принимать во внимание тот факт, что дистанционная форма обучения весьма специфична и требует специальной, целенаправленной педагогической и психологической подготовки. Это касается не только обучающихся, но и обучающего. Поэтому в комплект информационно-образовательной среды дистанционного обучения целесообразно включить пособия, в которых в доступной, популярной форме были бы показаны особенности деятельности в сетях [1].

Однако чисто дистанционная форма обучения не всегда приемлема, поскольку формирование некоторых навыков, умений предусматривает очную форму общения. Такая необходимость возникает из-за:

- лабораторных работ, связанных с изучением сложного или опасного оборудования, которые просто не могут войти в электронный курс из-за своей специфики;
- семинаров по комплексным проблемам;
- защиты проектов, которая также предполагает живое общение с комиссией;
- квалификационных экзаменов [1].

Попытки применения дистанционного обучения при изучении химии в Белорусском государственном аграрном техническом университете

были предприняты из-за пандемии коронавируса. До этого занятия по дисциплине «Химия» велись в традиционном очном формате с использованием лекционного курса и лабораторного практикума. Возникшая ситуация показала, что у студентов дневной формы обучения возникают огромные трудности с выполнением виртуальных лабораторных работ. Такой вариант предполагал, что они выполняют экспериментальную часть с отрывом от химической лаборатории. Однако, несмотря на возможность работать в таком формате, многие все же предпочли реальную химическую лабораторию. Поэтому попытка создать виртуальную лабораторию, где нашли бы сочетались бы видимые признаки химических реакций и возможность использования современных компьютерных технологий, на кафедре не увенчалась успехом. Во многом такая ситуация сложилась из-за низкой коммуникации в сетях и нежелания или невозможности ее повышать.

Другой причиной несостоятельности дистанционной формы, на наш взгляд, явился практико-ориентированный подход, который при выполнении лабораторных работ предполагает приобретение некоторых навыков или наблюдение признаков реакции. Для студентов аграрных вузов этот факт также немаловажен. Поэтому лабораторный практикум, задачей которого является формирование у студентов практических навыков работы с оборудованием, получения и обработки экспериментальных данных, умений планировать эксперимент, анализировать и сопоставлять полученные результаты с литературными данными, в данном случае тоже сыграл свою роль. Устоявшийся набор лабораторных работ, который должен помочь студенту более эффективно усвоить некоторый теоретический материал и выработать определенные навыки практического выполнения, – это, пожалуй, самая консервативная часть образовательного процесса, т. к. придумать что-то новое для приобретения навыков, умений и компетенций не очень легко [2].

Проявилась несостоятельность даже для работ, в которых важны наблюдения за процессами, признаками реакций, например исследования по изучению окислительно-восстановительных и ионообменных реакций, гидролиза солей, по изучению ряда напряжений металлов, коррозии металлов.

Также страдают работы физико-химического плана, при выполнении которых необходимо использование приборов: определение тепловых эффектов реакций, изучение скорости реакции, приготовление растворов и определение их концентрации [2]. В таких исследованиях студенты вырабатывают навыки работы с приборами, рассчитанными на точное измерение, например, объема, массы, количества теплоты, поэтому в их выполнении виртуальное присутствие неуместно. Кроме того, такие

работы, как правило, можно сузить до группы в два человека, чтобы каждая группа выполняла индивидуальное задание. Например, для определения молярной концентрации эквивалента раствора щелочи в работе «Способы выражения состава растворов» студенты Белорусского государственного аграрного технического университета получают раствор с неизвестной концентрацией и пытаются с помощью одинаковой методики найти данную концентрацию. Однако время выполнения опыта и его результат у каждой группы может быть разными. Поэтому для оценки своего выполнения студенты рассчитывают относительную и абсолютную ошибки.

Поэтому, несмотря на то что современные мультимедийные технологии позволяют реализовывать любые формы экспериментальной деятельности, использование аудиторной формы выполнения практикума позволяет развить навыки и умения у студентов для более широкого формирования компетенций будущего специалиста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полат, Е. С. Теория и практика дистанционного обучения : учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина, М. В. Моисеева ; под ред. Е. С. Полат. – М. : Академия, 2004. – 416 с.
2. Нехайчик, А. А. Применение лабораторного практикума в условиях дистанционного обучения / А. А. Нехайчик // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф, Томск, 16 дек. 2022 г. – Томск ; Новосибирск : Золотой колос, 2022. – С. 322–324.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

О. В. ПОДДУБНАЯ

Беларусь, Горки, БГСХА

ХИМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Химическая экспериментальная задача – это модель проблемной ситуации, решение которой, в отличие от расчетной задачи, требует от обучающихся не только мыслительных, но и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии, направленная на закрепление, расширение знаний и развитие химического мышления.

Решение экспериментальной задачи предполагает не только наличие у студентов определенных теоретических знаний, но и владение соответствующими навыками химического эксперимента. В ходе решения таких задач студент продолжает расширять и углублять свои знания по химии, а также совершенствует специальные умения в проведении химических опытов, привыкая применять свои знания на практике [1; 3].

Особая роль экспериментальных задач в том, что они формируют навыки самостоятельной работы обучающихся, приучают их к аккуратности, совершенствуются внимание, наблюдательность.

Химический эксперимент занимает важное место в обучении химии. При выполнении опытов учащиеся не только быстрее усваивают знания о свойствах веществ и химических процессах, но и учатся поддерживать знания химическими опытами, а также приобретают умения работать самостоятельно. Студент, проводящий опыты и наблюдающий химические превращения в различных условиях, убеждается, что сложными химическими процессами можно управлять, что в явлениях нет ничего таинственного, они подчиняются естественным законам, познание которых обеспечивает возможность широкого использования химических превращений в практической деятельности человека [2]. Невозможно ее изучение только в теории. Знание основных законов и терминов очевидно, однако при полном переходе на теоретическое изучение данного предмета сразу же снижается качество знаний. Эксперимент в преподавательской деятельности выступает не только как объект, но и как средство обучения.

Экспериментальные задачи в большой степени решают задачи образовательного процесса, связанные с практической подготовкой студентов.

На кафедре биологии растений и химии при изучении химии в зависимости от содержания и хода практического решения применяются различные варианты экспериментальных задач [2; 4].

Получение и свойства веществ. Объектом изучения химии являются вещества. Поэтому их получение в чистом виде – одна из основных задач химического эксперимента. В зависимости от способа получения вещества этот тип экспериментальных задач можно подразделить на варианты:

- а) получение веществ химическим путем;
- б) получение веществ выделением их из смесей.

Каждый из этих вариантов также может иметь несколько версий, например, получение чистого вещества методом возгонки бензойной кислоты предполагает применение лишь физических методов. Однако для очистки хлорида натрия от примесей хлорида бария потребуется проведение химической реакции (осаждение хлорида бария сульфатом

натрия). Большое значение имеет формирование у студентов умений описывать свойства веществ, определять их сходство и различие [4].

Приготовление растворов. Практическое решение этого типа задач в титриметрическом анализе требует от студентов не только знания теоретического материала о способах выражения состава растворов и умения проводить нужные расчеты, но также определенных навыков работы с реактивами, весами, ареометрами, посудой и т. д. В зависимости от вида раствора, который необходимо приготовить, данный тип задач имеет множество различных вариантов.

Распознавание и идентификация веществ, ионов, функциональных групп, смесей и т. д. В зависимости от уровня знаний студенты должны не только уметь получать определенные вещества, но и распознавать их; доказывать наличие тех или иных ионов в растворе (качественный анализ), наличие примесей в веществах, определять функциональные группы или, наоборот, устанавливать их отсутствие и т. д. Вариантов данного типа задач достаточно много.

Комбинированные задачи. Экспериментальная задача может содержать несколько заданий, например, необходимо получить данное вещество, идентифицировать его и проделать характерные химические реакции.

Экспериментальные задачи можно решать в виде демонстрационного опыта, в виде фронтальной формы решения задач, в качестве экспериментальных контрольных работ или вопросов, как домашнее задание и т. д.

Большой интерес у студентов вызывают задания, связанные с теорией растворов в приложении к жизнедеятельности клетки. При изучении темы «Ионные процессы, рН растворов» студентам в химическом эксперименте предлагается определить кислотность молочных продуктов, фруктов и овощей с помощью иономера. Используя химический эксперимент при изучении раздела «Неорганическая и аналитическая химия», студенты легче усваивают теоретические основы и навыки аналитических операций, необходимых для анализа минеральных удобрений, пестицидов, почв, кормов и других объектов [4].

Выполняя химический эксперимент, студенты агрономических специальностей формируют современное естественно-научное мировоззрение, овладевают базовыми знаниями в области химии, теорией химических процессов и методов их анализа, развивают навыки самостоятельной работы, необходимые для применения химических знаний при изучении специальных дисциплин и дальнейшей практической деятельности. Также видят роль сельского хозяйства в процессе изменения природной среды и получают умение ориентироваться в прикладных вопросах экологии; готовы проводить физический, физико-химический, химический и микробиологический анализ почв, химический анализ

растений, удобрений и мелиорантов в соответствии с современными методиками.

Таким образом, создавая новые педагогические ситуации и новые задания в процессе изучения дисциплины «Химия», можно повысить мотивацию студентов и для научной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химический эксперимент и его роль в методике обучения химии / М. Н. Ермаханов, Л. А. Журхабаева, Г. М. Адырбекова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1-3. – С. 398–399. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=8520> (дата обращения: 12.02.2025).

2. Поддубная, О. В. Химический эксперимент в лабораторном практикуме как преодоление выученной беспомощности / О. В. Поддубная // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XII междунар. науч. конф., Брянск, 17 марта 2020 г. – Брянск : Брянский ГАУ, 2020. – С. 75–77.

3. Сафина, Л. Г. Методические особенности использования экспериментальных задач по химии / Л. Г. Сафина // Самарский научный вестник. – 2014. – № 2 (7). – С. 104–106. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-osobennosti-ispolzovaniya-eksperimentalnyh-zadach-po-himii> (дата обращения: 12.02.2025).

4. Химия. Лабораторный практикум : учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 54:32.378.174

О. В. ПОДДУБНАЯ

Беларусь, Горки, БГСХА

ХИМИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К АГРАРНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ

Химия – естественная наука, изучающая вещества и их превращения, которые сопровождаются изменением состава и строения. Химические законы и теории оказывают значительное влияние на развитие других, смежных с ней естественных и технических наук. Одновременно химия связана с решением социальных проблем, удовлетворением потребностей

каждого человека и общества в целом. Химические знания являются значительной частью общей культуры человека и вносят заметный вклад в устойчивое развитие цивилизации.

Химия в сельском хозяйстве играет очень важную роль по следующим причинам:

- любая продукция сельскохозяйственного производства представляет собой различные вещества или их смесь;
- субстрат, на котором выращивается сельскохозяйственная продукция, является смесью неорганических и органических соединений, он является почвой, которая обладает плодородием;
- современные технологии позволяют оптимизировать плодородие почв;
- аграрный сектор определенным образом влияет на природные экологические процессы, что в большинстве своем связано с химическими процессами и веществами, в них применяемыми и т. д.

Следует различать две принципиально различные ветви сельского хозяйства – растениеводство и животноводство, химические проблемы в которых сильно различаются, но имеют и общие черты, т. к. они изучают химическую форму движения материи. Это необходимо учитывать в содержании химического образования для аграрных специальностей.

Возрастающая потребность в качественных продуктах питания обуславливает ускорение поиска новых технологических и практических подходов к производству биопродукции. Процесс дальнейшей интенсификации технологических приемов выращивания сельскохозяйственных культур становится все более затратным и менее эффективным. Поэтому в последние десятилетия все более активно ведется поиск физиологических, биохимических и биофизических приемов и технологий, направленных на реализацию генетического потенциала, повышения неспецифической устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам, усиления адаптивного потенциала растений с целью роста и стабилизации урожая [1; 2; 4].

Одной из важных особенностей настоящего периода является активизация и внедрение инновационных процессов в практико-ориентированное обучение. Это выражается в тенденциях накопления и реализации нововведений в образовательный процесс, что приводит к качественным изменениям его методологических аспектов. Вместе с тем приоритетные направления развития белорусской системы образования достаточно четко определены в нормативном правовом акте под названием «Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года» [2]. Согласно этому документу, стратегическая цель страны в образовательной сфере состоит в формировании качественной системы образования, которая отвечает потребностям

устойчивого развития республики, цифровой экономики и реализации потенциала человека.

Современное образование ориентировано на создание условий для развития успешной личности ученика в образовательном процессе. Одним из основных принципов такого подхода является ориентация образовательного процесса на развитие мотивации учащихся. Решение проблемы мотивированного выбора выпускниками школ направления дальнейшего образования и адаптации их к этому обучению в естественно-научных областях год от года становится все более сложным и для самих выпускников и их родителей, и для вузов, работающих в этих областях. Повышение качества образования, возможность его успешного продолжения на последующих ступенях, неизбежное в юности самоопределение, профессиональная ориентация – проблемы, решаемые в системе «школа – вуз».

В связи с актуализацией совершенствования образовательного процесса в сентябре 2012 г. в рамках взаимодействия школьного и вузовского образования был создан проект «Малая академия» на базе ГУО «СШ №2 г. Горки» и УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», который является региональной моделью образовательного и профессионального самоопределения учащихся. Проект направлен на выявление и развитие творческих способностей и интереса к научной деятельности талантливых детей, создание необходимых условий для ее поддержки, пропаганду научных знаний, создание условий для интеллектуального развития и поддержки одаренных детей, в том числе содействия им в профессиональной ориентации и продолжении образования [3].

Образовательный процесс проводится по двум направлениям: консультации, подготовка к ЦТ, олимпиадам и выполнение лабораторных аналитических работ с элементами научных исследований. Данный подход к учебному процессу делает обучение более мотивационным, позволяет лучше запомнить теоретический материал и приобрести навыки лабораторного анализа. Занятия проводятся еженедельно по субботам с учащимися 10-х (5–12 человек) и 11-х классов (2–5 человек).

Большой интерес у школьников вызвали темы «Амфотерные соединения», «Комплексные соединения», «Растворы», «Гидролиз солей», «Химическое равновесие», «Кислотно-основное титрование», «Свойства углеводов», «Качественные реакции белков», которые сопровождались самостоятельным выполнением лабораторного эксперимента. Это позволяет сделать обучение химии более познавательным и мотивационным, а также лучше запомнить теоретический материал и приобрести навыки лабораторного анализа.

Начиная с 2014 г. ежегодно проводятся научные эксперименты для участия в конкурсах (конференциях) работ различного уровня учащихся исследовательского характера по учебному предмету «Химия». Выпускники занимали призовые места на областном уровне по темам: «Влияние животноводческого объекта на качественные показатели грунтовых вод а/г Добрая», «Адсорбирующие свойства активированного угля и “белой таблетки”», «Биологические аспекты и количественное определение биофлавоноида – витамина Р», «Биологические аспекты и диастазная активность меда», «Анализ углеводов и определение содержания сахаров в растительной продукции», «Аскорбиновая кислота и химия жизни». Совместно со студентами – членами СНИЛ «Спектр» учащимися 10-го класса ГУО «СШ № 2 г. Горки» выполнены исследования по теме «Определение кислотности пищевых продуктов и содержания в них витамина С» и др. [3].

В рамках проекта «Малая академия» участвуем в научно-методических конференциях, проводим дни открытых дверей. Совместно со студентами агробиологических специальностей учащиеся школ выступили с научными докладами на конференциях.

Анализ результатов работы проекта «Малая академия» на факультативных занятиях по химии показал, что данное мероприятие для учащихся школ имело большое значение, с одной стороны, как новая форма раскрытия собственных способностей, с другой – как мощный стимул к дальнейшему изучению химии [1; 3]. Современные тенденции в организации образовательного процесса в Беларуси включают и создание профильных классов аграрной направленности, что призвано привлечь к обучению на аграрных специальностях выпускников учреждений общего среднего образования. Это будет способствовать улучшению подготовки высококвалифицированных кадров для агропромышленного комплекса страны. Важным элементом повышения престижа сельскохозяйственных специальностей является профориентация, которой в последнее время в стране уделяется много внимания.

Знание основ химии студентами аграрных специальностей формирует профессиональные компетенции, что позволяет принимать грамотные решения и действовать в типичных и нестандартных ситуациях. Студентам предлагается для повышения рейтинга подготовить рефераты по прикладному значению химии и плазмы с применением активаторов метаболизма и выступить с докладом на лекции-конференции. С учетом практико-ориентированной формы обучения это позволяет повысить качество обучения студентов аграрных специальностей, развить творческие способности студентов, их стремление к непрерывному приобретению новых знаний и самореализации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменко, А. И. Удивительный мир химии / А. И. Артеменко. – М. : Дрофа, 2006. – 487 с.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года. – Минск, 2017. – URL: <http://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030.pdf> (дата обращения: 02.02.2025).
3. Поддубная, О. В. Опыт педагогической деятельности в рамках проекта «Малая академия» как условие реализации целей устойчивого развития / О. В. Поддубная // Экологическое образование и устойчивое развитие. Состояние, цели, проблемы и перспективы : материалы междунар. науч.-метод. конф., Минск, 25–26 февр. 2021 г. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та. – М. : МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, 2021. – С. 325–328.
4. Поддубная, О. В. Плазменные технологии в прикладном изучении химии и современное экологическое образование / О. В. Поддубная // Экологическое образование и устойчивое развитие. Состояние, цели, проблемы и перспективы : материалы междунар. науч.-метод. конф., Минск, 29 февр. – 1 марта 2024 г. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та. – М. : МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, 2024. – С. 263–265.

[К содержанию](#)

УДК 378.147:811.161.1'243:54:57

А. А. ПОТАПЧЕНКО, Н. И. ДРОЗДОВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

**РОЛЬ ДИСЦИПЛИНЫ «РУССКИЙ ЯЗЫК
КАК ИНОСТРАННЫЙ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ
СПЕЦИАЛИСТОВ ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

Республика Беларусь является активным участником рынка услуг высшего образования. Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины – один из немногих университетов страны, дипломы которых признаются в Туркменистане. С этим связано относительно большое, среди прочих, количество туркменских студентов, обучающихся в нашем университете. Значительная часть иностранных студентов, в том числе и туркменских, получает образование на русском языке, и большинство из них приезжает с довольно посредственным уровнем

владения русским языком. При этом лишь немногие поступают на подготовительное отделение, где могут подтянуть уровень русского языка до необходимого.

Может ли студент без владения русским языком на базовом уровне обучаться на русском языке специальным предметам? Определенно нет. Но на каком этапе и в каком виде вводить специальную терминологию в лексикон студентов? Должно ли это происходить только на специальных предметах? Как помочь адаптации вновь прибывших молодых людей, уже приступивших к занятиям?

К сожалению, в постсоветский период уровень русского языка нового поколения далек от оптимального, и современных студентов из среднеазиатских республик уже можно сравнить со студентами из стран дальнего зарубежья, в лучшем случае лишь поверхностно знакомыми с основами русского языка. Такие студенты требуют особого подхода как при обучении русскому языку, так и при обучении на русском языке.

Обучение на русском языке тюркоязычных студентов в научной и академической сфере связано с определенными трудностями. Туркменский язык, в отличие от флективного русского, относится к агглютинативным языкам, что объясняет его значительные отличия от русского языка по грамматической структуре (разная структура предложения, порядок слов, разные морфология и принципы словообразования), а причастность к другой языковой семье отдаляет его от русского и по базовому словарному запасу. Данные факты создают определенные сложности не только для преподавателей, но и для изучающих русский язык тюркоязычных студентов на элементарном и базовом уровнях.

Еще одной трудностью является наличие диалектов туркменского языка в зависимости от области (велоята) проживания, что создает проблемы при подготовке материалов занятий, например при переводах фраз-моделей и текстов на туркменский язык. Онлайн доступно несколько электронных переводчиков, и часто все они дают разные варианты переводов. Поэтому в ходе подготовки методических материалов мы задействуем студентов, владеющих русским языком на высоком уровне, для переводов методических материалов на родной им язык.

Тем не менее прошлое в составе Советского Союза, следовательно, общая научная школа и методики преподавания школьных предметов, а также глобализация являются причиной значительного количества интернациональных слов, в том числе латинизмов и русизмов, в туркменском языке. И было бы естественно использовать при подготовке методических материалов данный факт как возможность облегчить усвоение грамматического и научного материала студентами. Поэтому при изучении дисциплин химического профиля, помимо русскоязычных

источников литературы, мы рекомендуем студентам использовать обучающую литературу на родном языке. Это позволяет студентам освоить понятийный аппарат, представленный в материалах лекций, на родном языке, что облегчает в дальнейшем его восприятие на русском языке. Спецификой дисциплин химического профиля является также то, что записи формул соединений едины, несмотря на некоторое различие в их названиях, в том числе аббревиатурных.

Адаптация методики преподавания дисциплины «Русский язык как иностранный» (далее – РКИ) к изучению специальных предметов связана с изучением не только специальной лексики, но и грамматических конструкций, характерных для научного стиля речи. Поэтому на уроках русского языка уклон нужно делать на пассивный навык: перевод текстов химико-биологического профиля, упражнения на поиск терминов и ключевых слов в тексте, замена конструкций продвинутого уровня на простые, разбор текста с помощью вопросов к членам предложения. И здесь опять на помощь приходит возможность работы с научной литературой на родном языке.

Помимо профессиональной специализации занятий по собственно РКИ, реальность диктует необходимость адаптации стиля преподавания и со стороны преподавателей дисциплин химико-биологического профиля. Преподаватель должен совершенствовать свою дикцию, говорить медленно и членораздельно, использовать простые грамматические конструкции, делать акценты на ключевых словах, делать более длинные паузы между смысловыми блоками, важные места дублировать, используя схожие по смыслу слова, поддерживать обратную связь как взглядом, так и с помощью блиц-опроса, использовать больше доступного к скачиванию наглядно-демонстрационного материала, максимально использовать практические и лабораторные тетради, ставить четкие нумерованные цели, а в конце занятий проводить поэтапное, также нумерованное резюмирование, составлять списки обязательных к запоминанию терминов, которые студенты могли бы добавить в приложения (программы) для запоминания и интервального повторения (duolingo, quizlet, memrise).

Если на уроках РКИ мы используем в большей степени лексико-грамматический и коммуникативный подход, то на предметах специальности делаем акцент на методе проектов, создания презентаций, эмпирическом подходе через выполнение небольших задач, которые побуждают студента к анализу текста, поиску ключевых слов и его доминанты. В обоих случаях применяются интерактивные платформы для эффективного запоминания терминов и характерных устойчивых словосочетаний, например «слабая/сильная кислота», «средние/кислые/основные соли» и т. д.

Научный стиль включает много абстрактных понятий. Всякая абстракция опирается на реальные предметы, поэтому на первых занятиях мы знакомим студентов с названиями предметов, которые они могут увидеть в лаборатории и с которыми они должны безопасно работать каждый день (названия химической посуды и простейшего оборудования, названия приборов). Каждый из предметов формирует вокруг себя специфический набор определений и возможных действий. Это формирует лексическую базу, закрепленную за реальными образами, на которой может строиться дальнейшая аналитическая деятельность. В лабораторных дневниках студентам предлагается, помимо описания хода выполнения опытов, делать зарисовки использованного лабораторного оборудования с указанием его названия.

Как и при подготовке к чтению нового текста, при изучении иностранного языка иностранным студентам предлагаются предтекстовые задания. Подготовка к изучению новой темы по дисциплинам специальности включает ознакомление студентов со списком новых терминов. Такие списки должны готовиться преподавателем к каждой лекции и лабораторно-практическим занятиям и прорабатываться не только на дисциплинах химико-биологического профиля, но и на занятиях РКИ. Иначе без предварительного освоения специальных терминов лекция и лабораторное занятие пройдут для иностранных студентов впустую. Используя возможности дисциплины РКИ необходимо обучать студентов выделять в специализированных химических и биологических текстах составные части: введение, основную часть с определениями, выводы. Это поможет им также формулировать свои мысли при написании курсовых и дипломных проектов.

Основные принципы, которых мы придерживаемся, основываются на общеизвестных методах РКИ, интегрированных в систему обучения дисциплин по основной специальности:

1) принцип одной трудности: сначала вводим отдельные термины, потом практикуем их использование в определениях и грамматических конструкциях в ходе одного занятия либо в ходе подготовки к занятию;

2) выделение списков терминов на основе интернациональных слов и общих для русского и родного;

3) использование наглядных резюмирующих материалов с подписями, например [1], [2];

4) принцип обратной связи реализуется в виде вопроса-ответа при работе с текстом для раскрытия грамматической структуры и понимания смысла специализированных материалов без перевода;

5) обучение студентов методу записи текстов «кроками» для беспереводного воспроизведения определений, текстов, описания методик выполнения лабораторных работ;

б) обучение методом «парных упражнений» для подготовки домашних заданий, что позволяет отработать алгоритмы выполнения типовых заданий без затруднений в понимании смысла самого задания.

Часть из этих принципов можно применять в ходе лекций, практических и лабораторных занятий по основным дисциплинам специальности, реализуя, таким образом, интеграцию языковых и профессиональных знаний. Подводя итоги, необходимо еще раз подчеркнуть важность и возможности дисциплины РКИ при обучении специалистов химико-биологического профиля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптева, О. В. Химия в инфографике / О. В. Лаптева, Т. А. Жуляева. – М. : Эксмо, 2021. – 160 с.
2. Леенсон, И. А. Химические элементы в инфографике / И. А. Леенсон. – М. : АСТ, 2016. – 224 с.

[К содержанию](#)

УДК 378.14:54

**С. Л. РАДЧЕНКО, Н. А. ГВОЗДЕВА, В. А. АШУЙКО,
И. Е. МАЛАШОНОК, Ю. С. РАДЧЕНКО**
Беларусь, Минск, БГТУ

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ КИТАЙСКИХ СТУДЕНТОВ В БГТУ

Отношения между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой в последнее время становятся более крепкими, что наблюдается не только в области экономического сотрудничества, но и в образовательной сфере. Молодежь играет большую роль в укреплении отношений между Беларусью и Китаем. За последние годы сотрудничество между двумя странами в сфере образования очень продвинулось. В частности, создана Китайско-белорусская ассоциация университетов. Обмен студентами между двумя странами стремительно растет, а взаимодействие между вузами становится более тесным. На данный момент общее число китайских студентов в Беларуси превысило 11 тыс. человек, а число белорусских студентов в Китае достигло нескольких сотен.

Важным шагом к сближению образовательных сфер двух республик стало создание образовательного проекта «Совместная организация обучения специалистов технического профиля» с участием БГТУ

и Профессионально-технического института (г. Лоян, Китай). В рамках проекта китайские студенты обучаются по специальностям 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов».

На начальном этапе сотрудничества единственным возможным способом организации учебного процесса студентов из Китая было дистанционное обучение. В связи с этим все очные занятия по различным дисциплинам, изучаемым студентами из КНР, включая лекционные и практические занятия, а также прием зачетов и экзаменов, осуществлялись в онлайн-среде. Важными требованиями к системе дистанционного обучения являются ее надежность, хорошая пропускная способность интернет-каналов, простота создания и размещения контента, доступность сервисов и платформ для преподавателей и обучающихся.

При организации дистанционного обучения студентов из Китая следует учитывать, что использование популярного в последние годы Zoom – сервиса беспроводного взаимодействия для организации видеоконференций, вебинаров и групповых чатов, в Китае запрещено. Однако китайские разработчики создали свой сервис для проведения онлайн-конференций – Voov Meeting, который предоставляет бесперебойную, безопасную и надежную облачную видео-конференц-связь в более чем 100 странах мира. Пользование сервисом осуществляется бесплатно, если число участников не превышает трехсот человек. Новый сервис ничем не уступает Zoom по качеству HD-видео и чистоте звука.

При работе с Voov Meeting преподаватели БГТУ отметили ряд положительных моментов: сервис прост в использовании, скачивается легко и бесплатно, код подтверждения приходит на почту сразу после регистрации. Функционал сервиса ничем не уступает аналогам: есть возможность как постоянной, так и временной ссылки на конференции, можно запланировать предстоящие конференции в расписании, конференции не имеют ограничения во времени. Имеется демонстрация экрана со звуком, на экране можно рисовать, писать, подчеркивать, выделять. Есть возможность записи лекций. В Voov Meeting можно работать как с компьютера, так и с телефона. Однако при проведении занятия с группой китайских студентов на русском языке следует учитывать, что Voov не может нормально воспринимать русский шрифт, поэтому в ходе занятия есть возможность только рисовать и обводить, а все записи необходимо подготавливать заранее.

Преподаватели БГТУ быстро адаптировались к заданным условиям работы. Доцентами кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники со студентами из Китая

по дисциплине «Общая и неорганическая химия» было проведено 34 часа лекционных занятий и 34 часа практических занятий. Во время лекций студенты могли задать вопрос преподавателю в чате. После окончания каждой лекции обучающимся предлагалось пройти тест по изученному материалу, количество попыток прохождения студентами тестовых заданий не ограничивалось. Практические занятия проводились с использованием видеопрезентаций и голосового общения, а также общения в чате. По окончании курса студенты сдавали экзамен.

Впоследствии у китайских студентов появилась возможность приезжать на обучение в Республику Беларусь. Работа и общение с обучающимися из Китая на занятиях в аудитории показали, что студентам важно адаптироваться в вузе, привыкнуть к особенностям русского языка и методике преподавания. При обучении китайских студентов необходимо использовать электронные словари, которые доступны обучающимся (например, «Русский салат»). В них предоставляется возможность не только найти перевод незнакомого слова, но и прослушать его правильное произношение, что способствует формированию фонетических навыков [1].

При проведении занятий по изучению тем дисциплины «Общая и неорганическая химия» преподаватели кафедры применяли дедуктивный способ подачи учебного материала. Такой метод предполагает сначала изложение правил и принципов, затем – примеров и только после этого – отдельных исключений и их объяснения. Китайские студенты привыкли именно к такой модели проведения занятий, используемой в их стране. При этом проявляются их сильные стороны в обучении, а именно дисциплинированность, способность перерабатывать большие объемы информации. Например, при изучении темы «Окислительно-восстановительные реакции» сначала рекомендуется ввести понятия (окислитель, восстановитель, окисление, восстановление), рассказать о типичных окислителях и восстановителях, затем следует разобрать и предложить выучить схемы «Продукты восстановления азотной и серной концентрированной кислоты», рассмотреть примеры реакций с участием таких кислот и только после этого поговорить о веществах, обладающих окислительно-восстановительной двойственностью, о реакциях диспропорционирования и конпропорционирования. Преподавателям важно проявлять внимание к китайским студентам, показывать, что процесс обучения – это сотрудничество, что на занятии можно и нужно задавать вопросы, вести диалог с преподавателем.

При обучении студентов из Китая дисциплине «Общая и неорганическая химия» перед преподавателями встают задачи научить предмету на достаточном уровне, уделить внимание как слабым, так и одаренным обучающимся. Для решения данного вопроса преподаватели

кафедры использовали многоуровневые (дифференцированные) задания [2], позволяющие применить индивидуальный подход к каждому студенту.

Таким образом, грамотная организация учебного процесса для студентов из Китая способствует их быстрой и легкой адаптации в вузе, благоприятному усвоению материала по изучаемой дисциплине.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрова, Н. Е. Использование цифровых технологий при обучении русскому языку как иностранному китайской аудитории / Н. Е. Петрова, Е. С. Сычева // Филологическое образование в цифровую эпоху: опыт актуализации образовательных программ : сб. тез. Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 12 окт. 2022 г. – М. : Гос. ин-т рус. яз. им. А. С. Пушкина, 2022. – С. 98–102.

2. Радченко, С. Л. Многоуровневые контрольные задания по химическим дисциплинам / С. Л. Радченко, Н. А. Гвоздева, Л. Н. Новикова // Менделеевские чтения – 2022 : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию с междунар. участием, Брест, 25 февр. 2022 г. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 188–191.

[К содержанию](#)

УДК 378.016

О. И. СЕЧКО

Беларусь, Минск, БГУ

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ

В связи с требованием времени и с учетом преимущества образованного специалиста перед необразованным особую роль приобретает формирование функциональной грамотности обучаемых.

Что же мы понимаем под определением «функциональная грамотность»? Фактически это степень образованности человека (естественно-научной, математической, информационной, читательской и др.), обуславливающая его способность к эффективному функционированию в различных сферах жизни (человек, социум, природа, материальная и духовная культура) и областях деятельности (работа с текстами и информацией, включая цифровую, математическую, естественно-научную, социально-экономическую) [1].

Общеизвестно, что функциональная грамотность достигается путем формирования важнейших компетенций, связанных с общими знаниями, навыками, ценностно-смысловыми установками и личностными характеристиками. Они помогают обучающимся творчески самореализовываться, социально взаимодействовать и адаптироваться к изменяющимся условиям, эффективно решать проблемы вне зависимости от сферы и специфики деятельности.

Знаниевые компетенции строятся на соблюдении важнейших принципов: научности, историзма, наглядности, системности обучения и др. Формирование знаниевых компетенций (естественно-научной, математической, читательской и др.) осуществляется за счет метапредметных связей в учебных несплошных текстах с разными способами кодировки информации: словесным, табличным, схематическим, иллюстративным, картографическим, QR-коды и т. д. [2].

Подобное наполнение учебного материала предполагает различные приемы работы с текстом (план, резюме, ключевые слова, формулировка выводов, поиск, исключение, замена, избыточная и недостаточная информация и др.).

Стратегическим направлением формирования функциональной грамотности является создание дидактических и психологических условий осмысленности учения, включения в него обучающихся на уровне интеллектуальной, личностной и социальной активности. Связь с текстом через различные виды интеллектуальных операций, практические задания из жизненных ситуаций, высокий личностный смысл обучения; внутренняя ответственность обучающихся за результат образовательной деятельности; развитие качеств личности, обеспечивающих благоприятные предпосылки для достойной личной жизни, а также успешного участия в общественной и трудовой жизни, развитие мобильности в быстро меняющихся условиях современного мира, гибкость в организации и методах обучения.

Главным элементом обучения являются современные учебники и пособия, которые сегодня создаются с учетом идеи предоставить обучаемым возможность самостоятельной реализации индивидуальных запросов. В случае необходимости простого закрепления терминологии можно предусмотреть различные виды работы с текстом и различные виды мыслительных операций (уйти от простой репродукции текстовой информации к мыслительной активности).

В связи с требованием времени, учетом преимуществ современного образования и вариативности средств успешного обучения могут быть использованы различные современные учебные пособия: учебники, дидактические материалы, сборники задач и упражнений, тетради для практических работ, ИКТ, опорные конспекты и многие другие пособия,

которые сегодня создаются с учетом идеи предоставить обучаемым возможность самостоятельной реализации индивидуальных запросов. Например, учебные пособия для изучения курса химии на базовом уровне обучения (7–9 классы общеобразовательной школы Республики Беларусь) (И. Е. Шиманович и др.) содержат многочисленные вспомогательные элементы, содержательные линии, позволяющие учащимся найти свой интерес в потоке информации и выразить отношение к предмету. Это тексты параграфов, практико-ориентированные и творческие задания, задания по поиску информации в интернете, домашний химический эксперимент, задания повышенной сложности для подготовки к олимпиадам (таблица) [4].

Таблица – Элементы формирования функциональной грамотности (учебник химии 9 класса для базовой средней школы Республики Беларусь)

Содержание	Учебные темы (4)
	<i>Несплошные тексты с разными способами кодировки информации:</i> 1. В основной текст включены: – словесное изложение материала (52 параграфа), – рубрика «Интересно знать» (61), – схемы, рисунки (157), – таблицы (24), другие иллюстрации (4), – выделение ключевых слов, резюме, – эвристические вопросы (123), – примеры из жизненных ситуаций, – предприятия и наука химии в Республике Беларусь (29)
	2. Дополнительный текст содержит: – рубрика «Готовимся к олимпиадам» (53), – вопросы и задания (424), – задания из жизненных ситуаций (21), – домашний эксперимент (12), – суммарные задания на формирование функциональной грамотности (4)
Связь с текстом	<i>Виды интеллектуальных операций:</i> – практических работ (4), – лабораторных опытов (6), – демонстраций (44)
Основные виды учебных действий	<i>Приемы работы с текстом:</i> – составление плана ответа; – составление резюме, выделение ключевых слов; – формулировка выводов; – поиск информации, связанной с изучением, производством и использованием металлов и неметаллов, кислот, солей, оксидов, оснований в Республике Беларусь; – замена понятий, избыточной информации, поиск с применением ИКТ; – выделение и описание характеристик металлов и неметаллов и их соединений в тексте и по иллюстрациям, в тексте и по рисункам;

Продолжение таблицы

	– характеристика основных свойств металлов и неметаллов и их соединений по наблюдению за ходом демонстраций, лабораторных опытов, решения экспериментальных задач; – изучение набора лабораторного оборудования и способов его использования в ходе химического эксперимента
Результат учебной деятельности	<i>Учащийся:</i> – выделяет особенности строения атомов элементов и их соединений; – характеризует химические свойства электролитов, металлов и неметаллов и их соединений; основные способы их получения; – владеет знаниями о промышленности кислот, аммиака, удобрений (и др.) в Беларуси, о значимости предприятий в республике и мире; – соблюдает правила работы с химическими реактивами; – умеет обращаться с лабораторным оборудованием; – объясняет последовательность действий при решении расчетных задач

Однако учебный материал не должен перегружаться понятиями и фактами, необходима тесная взаимосвязь с другими предметами, которая обеспечит перспективу развития научных и воспитательных оснований предмета, формирование экологической, экономической, социальной, правовой, функциональной грамотности.

Все большее значение для формирования функциональной грамотности приобретает национальный и личностный контекст предъявления информации. Компетенция гражданственности предполагает уважительное отношение к прошлому и настоящему белорусского народа, к истории, достижениям национальной культуры, традициям и обычаям своего народа; идентификацию себя как гражданина Республики Беларусь. Поэтому в учебниках химии большое внимание уделено формированию воспитательного потенциала с учетом национального контекста [3].

Проблема формирования функциональной грамотности обучающихся зависит от целого ряда факторов, прежде всего от внешних социальных условий, поскольку деятельность человека всегда есть отражение взглядов, ценностных ориентаций, установок того социального слоя, представителем которого он является. Большое значение имеет и механизм передачи – система образования, воспитание, содержание и направленность государственной молодежной политики, а также то, какое отражение данный опыт найдет в сознании обучающегося в виде интересов, ценностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русецкий, В. Ф. Функциональная грамотность и учебник / В. Ф. Русецкий // Формирование функциональной грамотности учащихся средствами учебных пособий : материалы постоянно действующего респ.

семинара для авторов учеб. пособий, Минск, 27 сент. 2024 г. / Акад. образования. – URL: https://akademy.by/images/Metod_dejtnost/Funkcional_gramotnost.pdf (дата обращения: 16.01.2025).

2. Василевская, Е. И. Использование деятельностного подхода в формировании учебных компетенций / Е. И. Василевская, О. И. Сечко // Фундаментальная наука и образовательная практика : материалы Респ. науч.-методол. семинара «Актуальные проблемы современного естествознания», Минск, 14 дек. 2018 г. / редкол.: В. А. Гайсенок (пред.) [и др.]. – Минск : РИВШ, 2018. – С. 70–73.

3. Сечко, О. И. Формирование воспитательного потенциала учебников химии с учетом национального контекста / О. И. Сечко // Дополнительное образование в контексте развития инновационных образовательных практик : материалы науч.-практ. семинара, посвящ. Году качества (круглый стол), Могилев, 27 нояб. 2024 г. / Могилев. гос. ун-т им. А. А. Кулешова, Ин-т повышения квалификации и переподготовки.

4. Сечко, О. И. Использование приемов интерактивных технологий в преподавании химии / О. И. Сечко // Актуальные проблемы довузовской подготовки : сб. ст. VIII Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 30 апр. 2024 г. / под ред. Н. К. Альховика. – Минск : БГМУ, 2024. – С. 237–240.

[К содержанию](#)

УДК 378:54

Н. С. СТУПЕНЬ, В. В. КОВАЛЕНКО

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ»

Изучение дисциплин химического цикла включает в себя умение решать химические задачи. По мнению А. И. Хохловой, химическая учебная задача – это модель проблемной ситуации, преодоление которой требует от учащихся мыслительных и практических усилий на основании познания законов, теорий и методов химии, ориентированная на закрепление, углубление знаний и развитие химического мышления. Постановка таких задач имеет вид созидательной деятельности, а поиск решения – процесс изобретательства [1]. Решение задач расширяет кругозор студентов, позволяет установить связь химии с другими науками, особенно

с физикой и математикой, развивает умение логически мыслить, воспитывает самостоятельность.

Умение решать расчетные задачи является одним из определяющих факторов при оценке уровня знаний студентов и является одним из критериев прочного усвоения дисциплин химического цикла.

В учреждении образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» ведется подготовка студентов по специальности 1-02 04 01 «Биология и химия». Особое место среди дисциплин компонента учреждения образования для будущих учителей химии занимает дисциплина «Методика решения задач по химии». Специальная компетентность учителя химии подразумевает обладание обще- и частнохимическими соответствующими компетенциями в области органической, неорганической, физической, биологической, коллоидной, аналитической химии, формируемыми при обучении отдельным химическим дисциплинам предметной/профильной подготовки в педагогическом вузе и реализуемыми в личностно и социально значимом опыте в образовательной среде химического образования [2].

Предметная химическая компетенция будущих учителей химии применительно к курсу «Методика решения задач по химии», по нашему мнению, связана с формированием у студентов рациональных приемов мышления и навыков самоконтроля, устранением формализма знаний, развитием самостоятельности. Именно расчетные задачи раскрывают перед студентами количественную сторону химии как точной науки. Через задачи осуществляется связь теории с практикой, в процессе их решения закрепляются и совершенствуются химические понятия о химических элементах, простых и сложных веществах и процессах; раскрываются причинно-следственные связи между химическими процессами, получением веществ и применением для их количественной характеристики. В данном случае формирование химической компетентности реализуется через понимание основных алгоритмов вычислений в химии, знание формул для расчетов химических величин, умение применять базовые законы химии к решению задач и различные способы решения типовых химических задач.

Основной формой занятий для дисциплины «Методика решения задач по химии» является практическое занятие. Практические занятия в течение долгого времени использовались преимущественно для обучения студентов решению расчетных задач по данной химической дисциплине, написанию уравнений химических реакций и тренировки подобных умений. Успешным результатом считается появления навыка в решении определенного типа химических задач. Несомненно, химические задачи как специфическое средство обучения химии позволяют проверить знания студентов на всех

уровнях усвоения теоретического материала. С этой целью практикуется возрастание сложности задач, введение в условие несоответствий, противоречий. В методической системе интерактивного обучения химическим дисциплинам на интерактивных практических занятиях ведущим является метод решения учебных задач на основе анализа конкретных ситуаций. Однако только навык в решении определенного типа расчетных химических задач не соответствует овладению компетенцией, которая состоит еще и в демонстрации знаний и понимания важнейших фактов, концепций, принципов и теорий химии, их интерпретации, творческом применении и оценивании. Поэтому наряду с современными методиками обучения решению химических задач на практических занятиях обязательно должно присутствовать коллективное обсуждение изучаемых фактов и теорий, проблем, связанных с решением задач, применением химических явлений и т. п.

Ранее нами была разработана 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]. Мы считаем, что данную модель содержания химической компетенции можно применить и для дисциплины «Методика решения задач по химии» (таблица).

Таблица – Элементы содержания предметной химической компетенции применительно к курсу неорганической химии

Модуль	Элементы содержания
Химический элемент	Знание формул для расчета массовой и мольной доли химического элемента в соединениях. Знание понятий: абсолютная масса атома, относительная масса атома, атомная единица массы. Знание строения атомов химических элементов. Умение рассчитывать число и химическое количество элементарных частиц в атомах элементов. Знание степеней окисления атомов элементов и рядов соответствующих соединений элементов. Умение определять степени окисления элементов в химическом соединении и использовать метод электронного баланса для расстановки стехиометрических коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций
Простое и сложное вещества	Знание электронного строения простых и сложных веществ. Знание химических свойств простых и сложных веществ; знание лабораторных и промышленных способов получения веществ.

Продолжение таблицы

	Понимание механизма химических реакций. Знание основных термодинамических и кинетических закономерностей протекания реакций. Умение классифицировать химические реакции по разным признакам. Знание понятий: относительная молекулярная масса, молярная масса, масса вещества, химическое количество вещества, молярный объем газа, относительная плотность одного газа по другому
Химические расчеты	Установление эмпирической и истинной формул по массовым долям элементов, входящих в состав вещества. Расчет объемных отношений газообразных веществ по химическим уравнениям. Вычисление относительной плотности и молярной массы газов. Вычисление молярной концентрации газов. Расчеты по термохимическим уравнениям. Вычисление по уравнениям реакций, протекающих в растворах. Расчет массы вещества или объема раствора, необходимого для приготовления раствора с заданной массовой долей (молярной концентрацией). Определение выхода продукта реакции. Вывод формул органических веществ по общей формуле, отражающей их состав. Установление молекулярных формул органических веществ на основании продуктов их сгорания. Расчеты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ взято в избытке. Вычисление массы растворенного вещества и растворителя. Вычисление массы кристаллогидратов, необходимых для приготовления раствора заданного состава. Вычисление массы раствора по его объему и объема раствора по его массе. Вычисления при разбавлении и приготовлении более концентрированных растворов. Решение задач по взаимному переводу массовой доли и молярной концентрации. Вычисления по уравнениям реакций, протекающих в растворах. Вычисление степени диссоциации по закону разбавления Освальда. Вычисление водородного показателя в растворах сильных и слабых электролитов. Вычисление водородного показателя в растворах, полученных смешением слабой кислоты и ее соли или слабого основания и его соли. Решение качественных задач по гидролизу солей. Владение правилами оформления химических задач

На интерактивных практических занятиях на ступени ознакомления используется метод коллективного решения учебных задач на основе

анализа конкретных (известных) ситуаций под непосредственным руководством преподавателя. Сначала разбирается стандартный метод решения задач (алгоритм), затем подробно рассматриваются предложенные студентами образцы решения задачи согласно выявленному алгоритму деятельности в нескольких вариантах, после чего студентам предлагается осуществить решение самостоятельно в аудитории. Аналогичные задачи составляют домашнее задание.

Формирование у студентов знаний, умений и навыков в решении расчетных задач происходит не только на аудиторных занятиях, где они получают лишь установку на учебу. Учеба, закрепление и пополнение знаний, приобретение умений и навыков в значительной степени обеспечиваются в ходе самостоятельной работы студентов. Задача преподавателя – помочь студентам организовать самостоятельную работу, подбирая для этого интересные творческие задания и обязательно контролируя их выполнение.

Следующим этапом в освоении решения задач определенного типа является поиск других дополнительных способов их решения. Для указанных целей необходимо умение закономерно размышлять, анализировать, прослеживать все связи между явлениями, описанными в условии.

Заключительным этапом является умение составлять задачи самостоятельно, проявляя знания химических процессов и их связь с практическим применением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлова, А. И. Обучение учащихся решению расчетных задач по химии : учеб.-метод. пособие / А. И. Хохлова. – Красноярск : Изд-во КГУ, 2009. – 182 с.
2. Компетентностный подход в педагогическом образовании / под ред. В. А. Козырева, Н. Ф. Радионовой, А. П. Тряпициной. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2005. – 392 с.
3. Коваленко, В. В. Содержание предметной химической компетенции (на примере курса общей химии) / В. В. Коваленко, Н. С. Ступень // Менделеевские чтения – 2016 : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 26 февр. 2016 г. / Брест гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2016. – С. 157–160.

[К содержанию](#)

УДК [66+574](07):061.3(042.3)

Э. А. ТУР, Е. А. ЧУПИЙ

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ»
СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «МАШИНЫ
И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»**

Дисциплина «Технологии переработки зернового сырья» является одним из базовых курсов для изучения студентами специальности «Машины и аппараты пищевых производств». Целью изучения дисциплины является получение глубоких знаний в области: технологии пищевых производств на базе теоретических основ физических, химических, биохимических и других процессов; химического состава сырья, взаимодействия различных компонентов, которые определяют все технологические процессы и качество готовой продукции, условий хранения и оценки качества сырья; технологических расчетов, подбора и расчета технологических линий; научных основ технологии пищевых производств, позволяющих выбрать оптимальные условия процессов с учетом новых достижений науки и техники, зарубежного опыта, экологических проблем современных пищевых производств.

Курс «Технологии переработки зернового сырья» включает следующие составные части: основные составные вещества пищевых продуктов; органолептические и физико-химические показатели качества сырья и пищевых продуктов; специальные технологии различных отраслей пищевой промышленности; характеристика основных видов сырья; доставка, приемка и хранение; методика продуктового расчета; специфика технологических процессов получения отдельных видов продукции.

Задачами обучения являются: освоение теоретических знаний на основе важнейших законов современной пищевой технологии для понимания сущности технологических процессов, связанных с переработкой и использованием пищевого сырья; получением качественной готовой продукции; формирование у студентов понимания значения методов современных пищевых технологий; формирование рациональных приемов мышления, умения анализировать и систематизировать данные, получаемые в ходе технологического эксперимента; развитие навыков самостоятельной работы, нацеленных на приобретение новых знаний, необходимых для будущей профессиональной деятельности.

Целью лабораторных занятий является закрепление и углубление лекционного материала, теоретическое и экспериментальное изучение важнейших органолептических и физико-химических показателей качества сырья и целевых продуктов пищевой промышленности, а также приобретение навыков самостоятельной исследовательской работы и обработки результатов эксперимента.

Для дисциплины «Технологии переработки зернового сырья» разработан учебно-методический комплекс с учетом основных положений концепции системы непрерывного образования Республики Беларусь.

При производстве муки и крупы первой стадией технологического процесса является подготовка сырья. Зерно является дорогим сырьем. В общих затратах на производство муки и крупы на долю зерна приходится более 90 %. Поэтому важно использовать зерно с наивысшей эффективностью, т. е. обеспечить максимальный выход готовой продукции, наилучшее ее качество при минимальных удельных эксплуатационных расходах. Решение этой задачи возможно только на основе управления свойствами зерна в процессе производства муки. Технологические свойства зерна являются производными от группы первичных свойств, которые включают физико-химические, биохимические, структурно-механические, теплофизические свойства, а также анатомическое строение зерна. Технологические свойства зерна в значительной степени определяются его структурой, соотношением масс анатомических частей, а также распределением по ним химических веществ: белков, крахмала, клетчатки.

Физико-химические свойства зерна оцениваются большим числом показателей, определяющих различные стороны этих свойств. Для зерна и основных компонентов комбикормов основное значение имеют следующие показатели: геометрическая характеристика зерна, зольность, крупность и выравненность зерновой массы, натура, плотность и удельный объем, масса 1000 зерен, стекловидность зерна.

Большое значение имеет соотношение поверхности частиц, их гигроскопичность, сыпучесть, слеживаемость. Эти свойства оказывают существенное влияние на выбор конкретных режимов разменных технологических процессов мукомольного и крупяного и комбикормового производства; измельчения, сепарирования, смешивания.

Форма и линейные размеры зерна влияют на выбор сит воздушно-ситовых сепараторов, а также на характеристику рабочих органов измельчающих и шелушильных машин. Эффективность технологии тем выше, чем меньше различаются показатели геометрической характеристики частиц сыпучего материала.

Инженер должен учитывать это и выбирать режим процесса согласно биохимическим особенностям данной партии зерна.

Структурно-механические свойства зерна увязывают структурные особенности материала с его реакцией на механическое воздействие. Эти свойства определяют процесс измельчения зерна, шелушения, выход и качество продуктов дробления, расход электроэнергии на измельчение зерна. Главными критериями оценки механических свойств материалов выступают их прочность и твердость.

Базисными кондициями называют нормы качества, обеспечивающие его сохранность и получение стандартной продукции.

Базисное качество зерна определено следующими качествами:

- влажность – 14 %;
- зольность очищенного зерна – 1,85 %;
- содержание сорной примеси – 1 %;
- содержание зерновой примеси - не более 5 %;
- натура – 775 г/л;
- стекловидность – не менее 50 %.

Ограничительными кондициями называют предельные нормы качества зерна, при которых возможна приемка зерна в зернохранилища зерноперерабатывающих предприятий.

При исследовании качества зерна в лаборатории студенты специальности «Машины и аппараты пищевых производств» определяют следующие показатели по стандартным методикам:

1. Определение засоренности зерна. Исследуют навеску зерна массой 100 г, определяют засоренность зерна по следующим показателям (таблица 1).

Таблица 1 – Виды засоренности зерна

Зерновая примесь	Сорная примесь
Битая	Части листьев
Изъеденная	Земля, песок
Зеленая	Семена сорных трав
Потемневшая	Ядовитые сорняки
Проросшая	Вредная примесь
Раздутая	Зерно других злаков

После проведения анализа определяют процентное соотношение (%) зерновой, сорной примеси и нормальных зерен.

2. Определение влажности зерна. Из среднего образца выделяют около 30 г зерна и помещают их в чашку Петри. Затем из чашки Петри в предварительно высушенные и взвешенные бюксы берут навеску 4–5 г с точностью до 0,01 г. Сушильный шкаф нагревают до температуры 130 °С, по достижению указанной температуры в шкаф быстро помещают бюксы со снятыми с них крышками. Высушивание в шкафу производят

в течение 40 минут. По истечении 40 минут бюксы с навесками вынимают из шкафа тигельными щипцами, покрывают крышками и переносят в эксикатор, где они охлаждаются примерно 15–20 минут. После охлаждения бюксы взвешивают и по разности между массой навесок до высушивания и после высушивания определяют потерю влаги. Все взвешивания при определении влажности производят с точностью до 0,01 г.

Влажность зерна в процентах (W) вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m - m_2} \cdot 100,$$

где m – масса бюксы с навеской до высушивания, г; m_1 – масса бюксы с навеской после высушивания, г; m_2 – масса пустой бюксы, г.

Из двух определений влажности выводят среднее значение, которое принимают за влажность образца.

3. Определение стекловидности зерна. Стекловидность зерна характеризует консистенцию, структуру эндосперма, взаиморасположение его тканей. Стекловидное зерно в поперечном разрезе напоминает поверхность скола стекла, отсюда и его название. При просвечивании оно кажется прозрачным. Мучнистое зерно имеет рыхломучнистую структуру, в разрезе белый цвет и вид мела. В частично стекловидном (полустекловидном) зерне в поперечном срезе видны как стекловидные, так и мучнистые участки, просвечивает оно не полностью.

4. Определение массы 1000 зерен. Масса 1000 зерен, рассчитанная на сухое вещество, характеризует крупность зерна. У разных культур масса 1000 зерен колеблется в широких пределах (таблица 2).

Таблица 2 – Масса 1000 зерен, г

Наименование зерна	Пределы колебаний	Крупное	Среднее	Мелкое
Пшеница	12–75	> 35	25–35	< 25
Рожь	10–45	> 25	20–25	< 20
Ячмень	20–55	> 40	30–40	< 30
Гречиха	15–40	> 23	20–23	< 20
Просо	3–8	> 6	4,5–6,0	< 4,5

5. Определение натурной массы зерна. Единицей объема зерна является литр. Предварительно взвешенный стакан с объемом $V = 1$ л заполняют исследуемым зерном и определяют его массу. Результаты

средних значений (г/л): у пшеницы – от 740 до 790, ржи – от 670 до 715, ячменя – от 540 до 610, овса – от 460 до 510.

Результаты эксперимента оформляют в виде таблицы, студенты формулируют вывод о соответствии исследованного зерна стандартам Республики Беларусь.

На лекциях по изучению технологий переработки зерна студенты изучают стадии технологического процесса и основные операции подготовки зерна: очистка от примесей на различных машинах (аспираторах, сепараторах, камнеловушках, магнитных сепараторах); удаление остей (у риса, овса, ячменя) на остеломателях; влаготепловая обработка, или пропаривание, – увлажнение и нагрев водяным паром в пропаривателях периодического или непрерывного действия, затем охлаждение в охлаждающих колонках, кратковременное отволаживание, при необходимости просушивание; сортирование по крупности (выравнивание по размерам) на крупосортировочных решетных сепараторах – каждая фракция, однородная по размерам, перерабатывается отдельно. Также подробно рассматривается технологическая схема подготовительного отделения.

В процессе освоения дисциплины «Технологии переработки зернового сырья» студенты учатся проводить лабораторные анализы сырья, давая обоснованные заключения в соответствии с требованиями действующих стандартов; используют современные методы определения основных показателей качества пищевого сырья, определяющих характер и режимы его технологической обработки, стремятся научиться разбираться в сущности технологических процессов при производстве пищевых продуктов с целью их механизации и автоматизации, повышения эффективности производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добромирова, В. Ф. Анализ качества пищевых продуктов : лаб. практикум / В. Ф. Добромирова, Н. Г. Кульнева, Ю. И. Зелепукин. – Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 2000. – 83 с.
2. Василенко, Н. Н. Оценка качества зерна : справочник / Н. Н. Василенко, В. И. Комаров. – М. : Агропромиздат, 1987. – 208 с.
3. Технология пищевых производств / Л. П. Ковальская, И. С. Шуб, Г. М. Мелькина [и др.] ; под ред. Л. П. Ковальской. – М. : Колос, 1999. – 752 с.
4. Производственные технологии : учебник / Д. П. Лисовская, Е. В. Рощина, Л. А. Галун, Н. М. Кириленко ; под общ. ред. Д. П. Лисовской. – Минск : Высш. шк., 2009. – 400 с.

[К содержанию](#)

УДК 37.091.315

А. В. ХАДАНОВИЧ

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

**ИНТЕРАКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
НА БИОЛОГИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ**

Овладение знаниями химических дисциплин студентами естественно-научных специальностей вуза и их профессиональная подготовка должны соответствовать требованиям формирования профессиональной компетентности выпускника. Большинство традиционных методов обучения химическим дисциплинам направлено на передачу информации и воспроизведение ее студентами, что в целом не дает возможности студентам в полной мере овладеть компетенциями. Результативность образовательного процесса определяют педагогические технологии – технологии проблемного обучения; разноуровневого обучения, технологии игрового обучения, проектные технологии, технологии интегративного обучения, технология контроля знаний, образовательная рефлексия [1]. Они определяют формирование компетенций в предметной области в изучении частных дисциплин, в том числе аналитической химии. Обучение студентов аналитической химии можно представить в виде цикла. Ступенями цикла можно обозначить ознакомление, освоение знаний и умений, овладение компетенциями, которые отвечают формированию специальных компетенций – знаний, понимания, анализа, синтеза, оценивания, что сопровождается повышением степени самостоятельности [2; 3]. В результате формируется специальная компетентность студента вуза (например, для дисциплины «Аналитическая химия» – аналитическая).

Интерактивное обучение специальным химическим дисциплинам включает ознакомление студента с образовательной средой обучения и с содержанием учебного материала. Это ознакомление подразумевает ориентировочно-мотивационную стадию – ступень ознакомления, где используется обзор предмета обучения (в частности, для темы «Равновесие в системе осадок – раствор» рассматриваются ситуации образования осадков с демонстрацией слайдов, отражающих основные этапы их образования, сущность сорбционных процессов, их распространенность в природе, научных исследованиях, производстве). Стадия выявления личного опыта студента в отношении предмета изучения включает выступления студентов с подготовленными докладами, сопровождающимися мультимедийными презентациями, которые отражают основные этапы гравиметрического анализа. Стадия установления связи данной темы

с личным опытом студентов предполагает выяснение, кто из студентов сталкивался с терминами «сорбция», «адсорбция», «осаждение», «сорбент». Обучающиеся из личного опыта приводят примеры использования поглотителей запахов, медицинских сорбентов, очистки сточной воды и т. д. Студенты, которые являются членами студенческой научно-исследовательской лаборатории «Аналитика и аналитики», действующей на кафедре химии, и занимаются научной работой, уже сталкивались с явлением адсорбции, и им дается возможность продемонстрировать и доложить промежуточные результаты научных исследований перед аудиторией. После изучения теоретической части темы проводится проверка готовности студентов к выполнению практической части лабораторной работы с помощью тестирования, выявляется уровень владения основными законами, действующими в системе осадок – раствор, специальной терминологией. Тест проводится фронтально в бумажном варианте. По окончании проведения теста проводится анализ выполненных заданий, студентам сообщаются правильные ответы, и в случае необходимости даются индивидуальные рекомендации по конкретным вопросам.

На стадии операционно-исполнительской ступени обучения химическим дисциплинам формируются специальные когнитивные компетенции, которые находят связь с решением интеллектуальных задач. Происходит знакомство студента с основными понятиями, терминологией, техникой выполнения практической части лабораторной работы «Определение содержания бария в хлориде бария». Операционно-исполнительский этап обучения включает методы организации интерактивной и практической деятельности студента. Студенты приобретают навыки продуктивного и творческого мышления [4]. Важной особенностью данной ступени обучения является наличие обратной связи студент – преподаватель, что активизирует и стимулирует включение студента в деятельность. На данном этапе реализуются формы ознакомительной лекции и интерактивных практическо-лабораторных занятий. В ходе проведения интерактивной ознакомительной лекции прослеживается связь преподавателя со студенческой аудиторией, нередко идет диалог в виде вопрос – ответ. Используется прямое обращение преподавателя к аудитории, создается проблемная ситуация, к решению которой привлекаются студенты.

На интерактивных лабораторных занятиях используется метод коллективного решения задач под руководством преподавателя. На первом этапе преподаватель подробно разбирает алгоритм решения типовой задачи, разбирается стандартный метод решения, затем рассматривается решение в различных предлагаемых вариантах, после чего студентам предлагается самостоятельно решить задачи в аудитории, похожие задачи включаются

в домашние задания. Этап выполнения лабораторного учебного эксперимента в ходе интерактивного обучения включает предварительный инструктаж по обеспечению общих требований к безопасному его проведению, рассматриваются особенности проведения основных этапов гравиметрического определения компонента в предлагаемом образце. Выполнение экспериментальной части работы сопровождается обсуждением особенностей основных этапов анализа – растворения вещества, осаждения, созревания осадка, декантации, прокаливания.

На рефлексивно-оценочной стадии проводится оценивание приобретенных компетенций, выявление трудностей в освоении содержания обучения. Проводится коллективный разбор решения учебных задач, в ходе которого используется метод анализа выполнения как самостоятельных заданий студентами, так и аудиторной работы. Особое значение имеет проверка индивидуальных домашних заданий, в ходе которой выясняются возникшие трудности, делается акцент на выявление типичных ошибок и погрешностей для каждого студента. Применяется на занятиях взаимное консультирование студентов, когда в качестве консультанта привлекается один из студентов, который сам ранее сталкивался с подобными ошибками. В ходе консультирования повышается самооценка студента, что способствует формированию специальных компетенций. По итогам выполнения лабораторной работы проводится защита, которая включает предоставление результатов наблюдений и измерений, оценку достоверности и значимости результатов, правильную формулировку выводов, оценку приобретенных практических и когнитивных компетенций. По окончании изучения темы у студентов формируются суждения о научных экологических проблемах аналитической химии, основанные на прочных знаниях и умениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные образовательные технологии : учеб. пособие / под ред. Н. В. Бордовской. – 3-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2022. – 432 с.
2. Гавронская, Ю. Ю. Проектное интерактивное обучение химическим дисциплинам в высокотехнологичной образовательной среде / Ю. Ю. Гавронская // Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве. – СПб. : ЛЕМА, 2011. – С. 92–97.
3. Багрова, Н. В. ИКТ как инструмент индивидуализации процесса обучения / Н. В. Багрова // Химия в школе. – 2012. – № 5. – С. 78–80.
4. Кашлев, С. С. Интерактивные методы обучения : учеб.-метод. пособие / С. С. Кашлев. – 2-е изд. – Минск : ТетраСистемс, 2013. – 223 с.

[К содержанию](#)