

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

МЕНДЕЛЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2023

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

Брест, 23 февраля 2023 года

Брест
БрГУ имени А. С. Пушкина
2023

ISBN 978-985-22-0572-6

Об издании – [1](#), [2](#)

© УО «Брестский государственный
университет имени А. С. Пушкина», 2023

1 – сведения об издании

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

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

Редакционная коллегия:

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

Рецензенты:

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

Менделеевские чтения – 2023 [Электронный ресурс] : электрон. сб.
материалов Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию,
Брест, 23 февр. 2023 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.:
Э. А. Тур, Е. Г. Артемук (отв. ред.), Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ,
2023. – 269 с. – Режим доступа: <http://rep.brsu.by/handle/123456789/8679>.
ISBN 978-985-22-0572-6.

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

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

Разработано в PDF-формате.

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

Текстовое научное электронное издание

Системные требования:

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

© УО «Брестский государственный
университет имени А. С. Пушкина», 2023

[ВПЕРЕД](#)

2 – производственно-технические сведения

- Использованное ПО: Windows XP, Microsoft Office 2013;
- ответственный за выпуск Ж. М. Селюжицкая, корректор А. А. Лясник, технический редактор А. А. Лясник, компьютерный набор и верстка Е. Г. Артемук;
- дата размещения на сайте: 05.06.2023;
- объем издания: 3,88 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.brest.by.

[ВПЕРЕД](#)

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

Антонюк Е. К., Горбачук Е. В., Лисицкая А. А. Биокатализ и стратегии улучшения ферментов	9
Антонюк Е. К., Горбачук Е. В., Лисицкая А. А. Рациональный синтез фуллеренов и углеродные нанотрубки	12
Арабей С. М., Слонская С. В. Спектральное проявление межмолекулярных взаимодействий октабутоксизамещенного фталоцианина в растворах.....	15
Артемук Е. Г., Нурыева М. Р. Влияние ионов свинца на морфометрические параметры клевера лугового (<i>Trifolium Pratense L.</i>).....	19
Ашуйко В. А., Малашонок И. Е., Радченко С. Л., Гвоздева Н. А. Механизм защиты стали антикоррозионными цинксодержащими красками	22
Басов С. В., Тур Э. А., Доманский Н. С. Использование ингибиторов коррозии при консервации аутентичных металлических элементов конструкций исторических объектов и археологических артефактов	27
Белоус Н. Х., Родцевич С. П., Лукша О. В. Влияние парафиновых эмульсий на структурные характеристики и свойства портландцементных бетонов	31
Василевич А. С., Яловая Н. П. Проблема захоронения отходов в Республике Беларусь и пути ее решения	36
Василевич А. С., Яловая Н. П. Технологии решения проблемы утилизации твердых коммунальных отходов.....	41
Воробьева Е. В. Влияние селена на термическое окисление полиэтилена	47
Воробьева Е. В., Майорова И. В. Утилизация синтетических полимерных материалов в результате деятельности личинок <i>Zophobas morio</i>	51
Гончаревич Е. Д., Ступень Н. С. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ предприятиями Брестской области	55
Горелова С. В., Горбунов А. В., Окина О. И., Зиньковская И. И., Гинс М. С. Биоаккумуляция токсичных элементов из урбаноземов с полиэлементными аномалиями <i>Amaranthus Hypochondriacus</i> сорт Кизлярец	59
Грицук Д. П. Сравнительный анализ общего количества фенольных соединений представителей рода Полисциас (<i>Polyscias spp.</i>).....	64
Демидчик А. В. Влияние легирования сплава $Vi_{0,89}Sb_{0,11}$ индием и германием на магнетосопротивление и дифференциальную термо-ЭДС ...	67

Игнатчук А. А. Содержание нитратов в подземных и поверхностных водах г. Бреста.....	70
Каклюгин А. В., Касторных Л. И. Использование шламовых отходов химводоподготовки в составе комплексного модификатора гипсового вяжущего	74
Кароза С. Э. Анализ совместного влияния ионов свинца и конъюгатов эпикастастерона с кислотами на содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях гречихи посевной (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.).....	78
Карпушенкова В. С., Фалетров Я. В., Бойко И. И., Шкуматов В. М. In silico оценка экдизона в качестве лиганда рецепторов стероидных гормонов человека.....	83
Касторных Л. И., Каклюгин А. В. Химико-экологические аспекты использования заполнителей из строительных отходов в декоративных самоуплотняющихся бетонах	88
Коваленко В. В. Действие различных концентраций ионов свинца на показатели роста тимофеевки луговой	93
Колбас А. П., Бульская И. В., Гавриловец А. Г., Нестерук В. С., Франчук О. Н., Дашкевич М. М. Оценка химического состава и влияния золы на морфометрические параметры растений.....	96
Корзюк О. В. Рострегулирующее и протекторное действие конъюгатов природных брассиностероидов с кислотами на морфометрические параметры гороха посевного в условиях стресса	101
Ленивко С. М., Карунос А. С. Эффективность влияния тидиазурона <i>in vitro</i> на индукцию соматического эмбриогенеза у эксплантов фаленопсиса гибридного	106
Лешик С. Н., Ступень Н. С. Экологическая оценка выбросов опасных веществ в атмосферу предприятиями Ляховичского района Брестской области за период с 2019 по 2021 год.....	110
Макаренко Т. В., Болигатова А. А., Макаренко А. И. Изучение содержания марганца в погруженных растениях в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий	113
Макаренко Т. В., Елагин И. В., Макаренко А. И. Изучение содержания цинка в мягких тканях брюхоногих моллюсков в водоемах г. Гомеля.....	117
Макаренко Т. В., Макаренко А. И., Попичева Е. А. Изучение накопления свинца в мягких тканях брюхоногих моллюсков в водоемах Гомеля и прилегающих территорий.....	122
Макаренко Т. В., Пантелеенко М. А., Пырх О. В. Изучение содержания кобальта в донных отложениях водоемов г. Гомеля.....	126

Матусевич Н. М. Анатомио-биохимические особенности зимостойкости некоторых сортов <i>Malus domestica</i> Borkh	130
Мелюх А. В., Терёхина П. С., Корзюк О. В. Биологическое действие на растения брассиностероидов в условиях стресса	134
Мисюля Д. И. О токсичности продуктов окислительной термической деструкции некоторых полимеров	137
Синицына Д. А., Ступень Н. С. Мониторинг выбросов фтористых газообразных соединений филиалом «Завод “Энергодеталь”» ОАО «Белсельэлектросетьстрой» за период с 2016 по 2022 год	142
Слонская С. В., Лубинский Н. Н. Магнитные свойства твердых растворов ортоферритов $Sr_{0,7}La_{0,3}Fe_{0,7}M_{0,3}O_{3-\delta}$ (M-Zn ²⁺ , Mn ²⁺ , Co ²⁺ , (MnZn), (MnCo), (CoZn)	145
Тарасюк А. Н. Влияние эпикастастерона и его конъюгатов с кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи посевной	150
Тур Э. А., Городник К. А., Рудяк А. Д. Комплексные научные исследования исторического здания жилой застройки по ул. 17 Сентября в г. Бресте.....	154
Тур Э. А., Тричик В. В., Русак Е. Ю. Физико-химические исследования Свято-Рождества-Богородицкой церкви-крепости оборонительного типа в д. Мурованка как объекта историко-культурного наследия	160
Хаданович А. В., Зайцева А. Д. Накопление нитратов овощными культурами в осенний период.....	165
Щербакова А. Б., Врублевская О. Н., Болормаа Б., Севжидсурен Г. Композиционные порошки никель-медь-углерод и порошковые сплавы никель-медь как катализаторы выделения водорода из раствора щелочи	168
Яковец П. С., Фалетров Я. В., Шкуматов В. М. Синтез и виртуальный скрининг соединений, содержащих электрофильные фрагменты, для новых белковых меток и потенциальных ингибиторов ..	171
Янчук А. А., Бульская И. В. Индекс толерантности фестулолиума при стрессовом воздействии ионов свинца	175

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Артемук Е. Г. Роль научного эксперимента в формировании естественно-научных компетенций в вузе	179
Бычек И. В. К вопросу усиления мотивации изучения непрофильной дисциплины в вузе	182

Василевская Е. И., Боборико Н. Е. Информационно-коммуникационные технологии и методическое обеспечение организации практических занятий по неорганической химии	185
Дудчик Г. П., Богдан Е. О. Организации изучения дисциплины «Физическая химия» иностранными студентами на кафедре физической, коллоидной и аналитической химии БГТУ	190
Каваленка А. М. Пісьмо на занятках па прафесійна арыентаванай англійскай мове са студэнтамі хіміка-біялагічнага профілю	195
Ключарев В. В., Ключарева С. В. Химическая революция в науке о горении XX века	198
Kovalenko V. V., Stupen N. S. Interactive technologies in teaching of chemical disciplines	202
Лисица А. А. Методическое обеспечение темы «Химическая связь» учебного предмета «Химия» для учреждений общего среднего образования	208
Малашонок И. Е., Радченко С. Л., Салычиц О. И., Гвоздева Н. А., Ашуйко В. А. Адаптивная система обучения химическим дисциплинам студентов первого курса БГТУ	211
Маркова Е. О., Фаращук Н. Ф. Термогравиметрический анализ содержания фракций воды как метод изучения влияния лекарственных препаратов в сверхмалых дозах на физическую работоспособность крыс	214
Мелеховец С. С. Уроки обобщения и закрепления знаний с позиции подготовки к ЦЭ и ЦТ	219
Минин М. Д., Пантелеева С. М. Личностно ориентированный подход как фактор активизации учебно-познавательной деятельности учащихся при изучении химии	224
Мякинник Т. Н. Методика формирования умений самоуправления учебной деятельностью учащихся в процессе обучения химии	228
Пырх О. В., Хаданович А. В., Макаренко Т. В. Использование активных методов обучения химии на биологическом факультете	233
Семенюк В. П. Проектная деятельность школьников при изучении химии	236
Серый А. И. О разновидностях межатомного взаимодействия	240
Серый А. И. О разновидностях межмолекулярного взаимодействия	242
Соколов А. С. Использование образцов минералов и горных пород при изучении химии	245
Stupen N. S., Kovalenko V. V. Methodological aspects of interactive teaching disciplines «General chemistry» and «Chemistry of elements»	248

Тур Э. А., Громада В. А., Николайчик И. С. Исследование качества мяса и колбасных изделий, реализуемых в торговой сети г. Бреста, в рамках дисциплины «Технология переработки животного сырья»	253
Тур Э. А., Федорук Т. С., Михно А. Е. Исследование качества молока, реализуемого в торговой сети г. Бреста, в рамках дисциплины «Технология переработки животного сырья»	258
Чернышева Л. В. Использование интерактивных методов при обучении химии в техническом вузе	263
Шихалова А. А. Некоторые методы преподавания трудных разделов дисциплины «Медицинская химия» как способ достижения результативности образовательного процесса	266

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

УДК 577.15

Е. К. АНТОНЮК, Е. В. ГОРБАЧУК, А. А. ЛИЦИЦКАЯ

Беларусь, Брест, БрГТУ

БИОКАТАЛИЗ И СТРАТЕГИИ УЛУЧШЕНИЯ ФЕРМЕНТОВ

Ферменты – это биологические катализаторы, которые считаются краеугольным камнем жизни. Они обеспечивают метаболические потребности клеток. Большинство природных ферментов обладают высокой эффективностью и могут увеличивать скорость биотрансформации до 10^{17} раз [1]. Ферменты могут выполнять свои функции при температуре и давлении окружающей среды с минимальным образованием побочных продуктов и отходов, что приводит к получению интересующего конкретного продукта за одну каталитическую стадию, тогда как для синтеза того же продукта с помощью средств органической химии может потребоваться много стадий, и производят смесь нежелательных изомерных, эимерных или перегруппированных соединений [2]. Область биотехнологии стремится использовать изолированные ферменты и целые клеточные культуры в качестве биокатализаторов, способных ускорять и улучшать сложные химические превращения органических соединений для промышленного и синтетического использования [3].

Ферменты могут быть замечательными катализаторами в биологических системах, где вода присутствует повсеместно, но они менее подходят для биотехнологии, где для химических превращений в основном используются органические растворители. Зная, что вода необходима для структурной целостности многих биомолекул, и видя многочисленные экспериментальные доказательства снижения каталитической активности в неводных растворителях, ученые скептически относились к использованию ферментов в качестве промышленных биокатализаторов или к использованию воды в качестве растворителя в промышленных целях из-за нежелательных гидролитических свойств [3]. Однако оказалось, что эти проблемы преодолимы, когда несколько десятилетий назад были обнаружены новые, улучшенные свойства ферментов в органических и ионных растворителях. Ферменты, лишившиеся складчатой структуры в неводном растворе, во многих случаях не только становились более термостабильными и удобными, но и приобретали способность катализировать новые реакции, невозможные в водной среде. Возможность использования новых, промышленно предпочтительных субстратов, а также возможность

контроля ферментативной активности и селективности с помощью точно настроенных модификаций растворителя привели к открытию многочисленных подходов к стабилизации фермента в неводном растворителе [3]. Ранние эксперименты методом проб и ошибок с лиофилизированными (сублимированными) порошками ферментов и добавками к растворителям привели к разработке эмпирических стратегий, таких как добавление воды или растворителей, имитирующих воду, и добавление солей для стабилизации биокатализаторов. Аддитивный подход в настоящее время использует добавление в среду широкого спектра лиофилизированных химических веществ, также известных как лиопротекторы, и до сих пор привлекает ученых, поскольку сочетает в себе простоту использования и высокую эффективность [5].

Как и в живом организме, где ферменты связаны с мембраной или клеточной структурой, что обеспечивает их стабильность, в промышленных условиях часто необходимо привязать фермент к определенной области реактора, чтобы стабилизировать и повторно использовать один и тот же фермент снова и снова [4]. Подход иммобилизации ферментов обычно достигает этой цели, ограничивая ферменты более стабильной подложкой (носителем), таким образом создавая нерастворимый гетерогенный катализатор нативной конформации с пониженной гибкостью. Мало того, что иммобилизованный катализатор менее подвержен дезактивации в органическом растворителе, не возмущается при лиофилизации [6], более устойчив к сдвиговым нагрузкам и высоким температурам, но он также менее затратен, так как рециркулируется в непрерывном процессе с неподвижным слоем и позволяет эффективно очищать и извлекать ферменты с помощью селективных адсорбентов.

Биосовместимый носитель может быть выбран практически из любого органического полимера или неорганического материала, который является инертным. К требованиям к идеальному носителю также относятся: доступность, стабильность, физическая прочность, способность к регенерации, а также способность помогать в каталитических функциях [6], повышающие специфичность ферментов и уменьшающие ингибирование продуктов и неспецифические взаимодействия. Кроме того, носитель должен соответствовать определенным поверхностным свойствам фермента, иметь высокую поверхностную плотность реакционноспособных групп и имеют большую площадь поверхности. В некоторых случаях, когда желательно более сильное ковалентное связывание с ферментом, реактивные функциональные группы должны быть химически введены в виде мономеров в матрицу полимерного носителя. Все вышеперечисленные требования к носителю выполнить непросто, и иногда используется подход без носителя, когда молекулы фермента сшиваются друг с другом, обеспечивая поддержку [6].

Подход к инженерии ферментов возник как серьезная задача для проверки нашего понимания структуры и функции белка в начале 1980-х годов. С тех пор область биокатализа произвела революцию благодаря достижениям технологии рекомбинантной ДНК, использованию вычислительных инструментов и современной биоинженерии. Изменения первичной структуры белка могут быть адаптированы не только для стабилизации фермента, но и для расширения диапазона субстратов, оптимизации каталитических характеристик и получения ценных продуктов для различных биотехнологических приложений. Разработчики ферментов могут модифицировать или разработать новый биокатализатор с новой основной функцией [3], используя один из следующих подходов: рациональный редизайн (RR), направленная эволюция (DE), полурациональный редизайн (SR) или де-новодизайн ферментов (DN) [7]. Методы инженерии ферментов трудоемки, и все они имеют следующие общие предпосылки: фермент, кодирующий интересующий ген, микробную или дрожжевую экспрессионную систему и разумные инструменты скрининга для обнаружения мутантов. В этом разделе мы кратко рассмотрим эти методы и их возможные применения в тонком химическом синтезе.

Хотя ферменты использовались в коммерческих производственных процессах на протяжении веков, их огромный потенциал для крупномасштабного химического синтеза и промышленного применения не был полностью реализован до тех пор, пока не были разработаны более совершенные эмпирические модели и методы стабилизации биокатализаторов с использованием подхода проб и ошибок. Методы ферментной инженерии недавно сделали многочисленные успехи в перепроектировании существующих ферментов на уровне их первичной структуры с использованием целенаправленного случайного мутагенеза. В пробирке рекомбинация и различные вычислительные инструменты. Хотя существует большой спрос на такие специализированные, надежные биокатализаторы, они обычно производятся в виде растворимых ферментов, не пригодных для повторного использования в промышленном синтезе. Таким образом, интеграция физико-химических методов и белковой инженерии, вероятно, является наиболее эффективной стратегией создания мощного перерабатываемого биокатализатора, подходящего для реальных биотехнологических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Benkovic, S. J. A Perspective on Enzyme Catalysis / S. J. Benkovic, S. Hammes-Schiffer // *Science*. – 2003. – Vol. 301. – P. 1196–1202.
2. Glazer, A. N. *Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology* / A. N. Glazer, H. Nikaido. – New York : Cambridge University Press, 2007. – P. 398–429.

3. Tunon, I. Simulating Enzyme Reactivity: Computational Methods in Enzyme Catalysis, RSC Theoretical and Computational Chemistry Series / I. Tunon, V. Moliner. – England : Royal Society of Chemistry, 2017. – P. 3–5.

4. Minteer, S. D. Enzyme Stabilization and Immobilization: Methods and Protocols / S. D. Minteer. – New York : Humana Press, 2017. – P. 1–7.

5. Klibanov, A. Why are enzymes less active in organic solvents than in water? / A. Klibanov // Trends in Biotechnology. – 1997. – Vol. 15, № 3. – P. 97–101.

6. Sheldon, R. A. Enzyme immobilisation in biocatalysis: Why, what and how / R. A. Sheldon, S. Pelt // Chemical Society Reviews. – 2013. – Vol. 42. – P. 6223–6235.

7. Arnold, F. H. Combinatorial and computational challenges for biocatalyst design / F. H. Arnold // Nature. – 2001. – Vol. 409, № 6817. – P. 253–257.

[К содержанию](#)

УДК 531.4:541.1:621.3

Е. К. АНТОНЮК, Е. В. ГОРБАЧУК, А. А. ЛИСИЦКАЯ

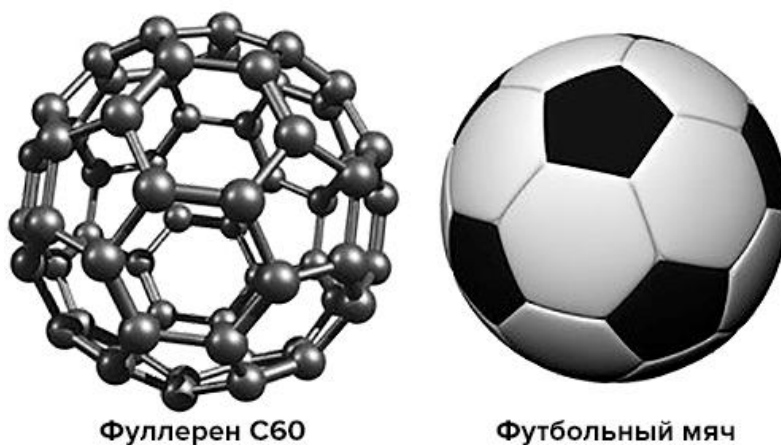
Беларусь, Брест, БрГТУ

РАЦИОНАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ФУЛЛЕРЕНОВ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Фуллерен (рисунок), бакибол или букибол – молекулярное соединение, принадлежащее классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из четного числа трехкоординированных атомов углерода.

Традиционные методы производства фуллеренов основаны на различных методах выпаривания графита, в результате которых образуется гетерогенная фуллеренсодержащая сажа [1; 2]. К сожалению, ни один из существующих методов не позволяет получить фуллерены в чистом изомерном виде, что имеет решающее значение для их возможного применения. Случайный характер образования фуллеренов приводит к сильно гетерогенной смеси, содержащей в основном наиболее устойчивые $C_{60} - I_h$ и $C_{70} - D_{5h}$ клетки. Оба фуллерена могут быть довольно легко получены в чистом виде с помощью одностадийной высокоэффективной жидкостной хроматографии – разделения экстракта фуллереновой сажи. До сих пор только эти два фуллерена были предметом глубоких исследований, хотя семейство фуллеренов представляет собой огромный класс молекул с углеродной клеткой. Как только C_{60} стал доступен в больших

количествах, был обнаружен ряд уникальных свойств, таких как сверхпроводимость [3], ферромагнетизм [4; 5] и высокое сродство к электрону [6]. C_{60} и C_{70} фуллерены оказались идеальным материалом для создания систем преобразования солнечной энергии, в которых фуллерен играет роль эффективного акцептора электронов [7]. Помимо этих двух фуллереновых членов, фуллереновая сажа обычно содержит около 1 % так называемых высших фуллеренов (C_{2n} при $n > 35$).

Фуллерен C_{60}

Футбольный мяч

Рисунок – Модель фуллерена C_{60}

Рациональный синтез фуллеренов представляет практический интерес как перспективный метод синтеза изомерно чистых фуллеренов, в том числе фуллеренов, которые невозможно получить традиционными методами. Одна из первых попыток «рационального синтеза» фуллеренов была предпринята в 1993 году [8]. Было высказано предположение, что $C_{60} - I_h$ фуллереновая клетка может быть построена путем слияния шести нафталиновых фрагментов. Действительно, в продуктах пиролиза нафталина, проведенного в атмосфере аргона при $1000\text{ }^\circ\text{C}$, были обнаружены небольшие количества C_{60} [8]. Предлагаемый механизм предполагает пошаговую сборку молекул нафталина посредством циклодегидрирования, приводящую к различным олигонафталинам. Некоторые из гексамеров с определенной ориентацией нафталиновых фрагментов обладают необходимой для C_{60} связностью и, таким образом, могут выступать в роли предшественников C_{60} . Внутримолекулярная циклизация таких предшественников однозначно должна приводить к образованию каркаса C_{60} . Один из возможных гексамеров нафталина – $C_{60}H_{28}$, который, вероятно, образует C_{60} в результате внутримолекулярной конденсации. Низкий выход C_{60} в этом случае можно объяснить малой вероятностью образования гексамера нафталина с нужной ориентацией субъединиц при случайной конденсации. Действительно, как было показано позже, пиролиз правильно связанного

олигонафталина увеличивает выход C_{60} [9]. Несмотря на то, что эта гипотеза не объясняет одновременное образование C_{70} , которое наблюдалось и в продуктах пиролиза (прямая сборка C_{70} из нафталиновых фрагментов невозможна), данный механизм предполагает возможность построения фуллеренов из четко определенных ароматических фрагментов – так называемых предшественников фуллеренов.

Углеродные нанотрубки (УНТ) представляют собой трубки, свернутые слоем или несколькими слоями графита, или которые могут быть коаксиально свернуты микротрубочками разного диаметра, имеющими диаметр всего несколько нанометров. Расстояние между стенками трубы примерно равно расстоянию между графитовыми слоями. Существует два пути гибридизации атомов углерода в УНТ, в основном sp^2 -гибридизация, а также могут образовываться специфические связи sp^3 между гексагональными атомами углерода.

Существует три наиболее распространенных метода приготовления УНТ: химическое осаждение из паровой фазы, дуговой разряд и лазерная абляция [10]. Среди них химическое осаждение из газовой фазы является наиболее широко используемым методом из-за непрерывного массового производства и низкой стоимости.

Стратегия застегивания оказалась полезной для рационального синтеза фуллереновых фрагментов и фуллереновых каркасов. Прогресс в этой области показывает общую возможность изготовления неуловимых фуллеренов полностью контролируемым образом. Производство этих уникальных материалов в чистом изомерном виде в макроскопических количествах больше не кажется труднодостижимым, и есть многообещающая перспектива, что такие соединения станут доступными в ближайшем будущем. Поскольку ограничивающих факторов практически нет, нет и принципиальных препятствий, которые мешают распространению zip-подхода на очень интересные родственные архитектуры на основе углерода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hirsch, A. Fullerenes: Chemistry and Reactions / A. Hirsch, M. Brettreich. – Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH and KGaA, 2004. – P. 423.
2. Langa, F. Fullerenes: Principles and Applications / F. Langa, J. F. Nierengarten. – Cambridge : RSC Publishing, 2011. – P. 634.
3. Superconductivity at 18 K in potassium-doped C_{60} / A. F. Hebard [et al.] // Nature. – 1991. – Vol. 350. – P. 600–601.
4. Organic molecular soft ferromagnetism in a fullerene C_{60} / P. M. Allemand [et al.] // Science. – 1991. – Vol. 253. – P. 301–302.
5. Lattice structure of the fullerene ferromagnet TDAE- C_{60} / P. W. Stephens [et al.] // Nature. – 1992. – Vol. 355. – P. 331–332.

6. Reed, C. A. Discrete fulleride anions and fullerenium cations / C. A. Reed, R. D. Bolskar // *Chemical Reviews*. – 2000. – Vol. 100. – P. 1075–1119.

7. Recent advances in bulk heterojunction polymer solar cells / L. Lu [et al.] // *Chemical Reviews*. – 2015. – Vol. 115. – P. 12666–12731.

8. Formation of C₆₀ by pyrolysis of naphthalene / R. Taylor [et al.] // *Nature*. – 1993. – Vol. 366. – P. 728–731.

9. Amsharov, K. Y. Formation of fullerenes by pyrolysis of 1,2'-binaphthyl and 1,3-oligonaphthylene / K. Y. Amsharov, K. Simeonov, M. Jansen // *Carbon*. – 2007. – Vol. 45. – P. 337–343.

10. Ajayan, P. M. Application of carbon nanotubes / P. M. Ajayan, O. Z. Zhou. – Berlin : Springer-Verlag, 2001. – P. 391–425.

[К содержанию](#)

УДК 535.372;535.34

С. М. АРАБЕЙ, С. В. СЛОНСКАЯ

Беларусь, Минск, БГАТУ

СПЕКТРАЛЬНОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОКТАБУТОКСИЗАМЕЩЕННОГО ФТАЛОЦИАНИНА В РАСТВОРАХ

Основным источником информации о силе и природе межмолекулярных взаимодействий между молекулами растворенного вещества и растворителя являются данные о поведении оптических спектров поглощения и (или) люминесценции вещества в зависимости от природы растворителя. Фталоцианины (Фц) и их производные имеют структуру, содержащую расширенную π -сопряженную систему, которая формирует их электронные, физико-химические и спектральные свойства, благодаря которым они нашли разнообразные практические применения [1]. Однако текущее состояние и будущие перспективы использования Фц сталкиваются с проблемой низкой растворимости фталоцианинового кольца в большинстве органических растворителей. Одним из путей увеличения растворимости Фц является присоединение объемных или цепочечных заместителей в α - и (или) β -положения аннелированных бензольных колец. Примером таких заместителей могут служить периферийные алкокси-группы. В настоящей работе исследован замещенный фталоцианин с восемью алкильными цепочками, присоединенными в α -положения конденсированных бензольных колец через оксиметиленовую группу –

свободное основание 1,4,8,11,15,18,22,25-окта(*n*-бутокси)фталоцианина ((*OBu*)₈H₂Фц).

Отсутствие в литературе сведений о влиянии природы растворителя на спектры поглощения (*OBu*)₈H₂Фц определило основную цель работы – исследование влияния сольватирующей способности растворителей различной химической природы на спектральные свойства (*OBu*)₈H₂Фц, т. е. исследование его сольватохромии.

(*OBu*)₈H₂Фц был приобретен у компании Aldrich Chemical Company и использован без дальнейшей очистки. Структурная формула (*OBu*)₈H₂Фц приведена на рисунке 1. Используемые растворители подвергались очистке путем их перегонки. Измерения спектров поглощения проведены на спектрофотометре РВ 2201В (ЗАО «Солар», Беларусь) при 298 К. Как показал эксперимент, присоединение восьми буюкси-групп в α-положения бензольных колец фталоцианина сильно увеличивает растворимость (*OBu*)₈H₂Фц в используемых растворителях: диметилсульфоксид (ДМСО), диметилформамид (ДМФА), хлороформ, этанол, толуол, бензол, *n*-декан и *n*-гептан. Согласно квантово-химическим расчетам [2], наблюдаемый большой батохромный сдвиг (на ~70 нм) полос поглощения (*OBu*)₈H₂Фц по сравнению с незамещенным фталоцианином обусловлен электрон-донорными свойствами атомов кислорода, химически связанных с углеродами в α-положении, приводящие к уменьшению энергетического интервала НОМО-LUMO (интервала S₀–S₁).

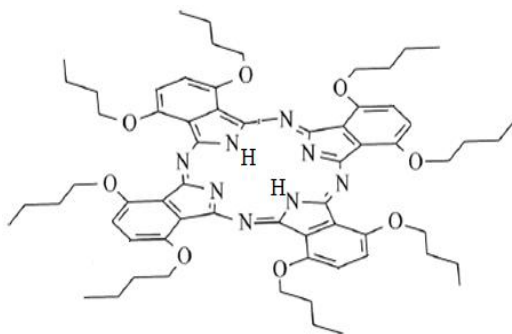


Рисунок 1 – Структурная формула (*OBu*)₈H₂Фц

На рисунке 2 показаны спектры поглощения (*OBu*)₈H₂Фц в некоторых растворителях. Спектры состоят из интенсивных Q-полос в области 710–780 нм с колебательной прогрессией в коротковолновой от них области. В УФ-диапазоне около 300–350 нм расположена B-полоса, называемая полосой Sore. Полосы поглощения в интервале 400–500 нм относятся к переходам с участием неподеленной пары электронов атома кислорода *n*(O)-π* [3].

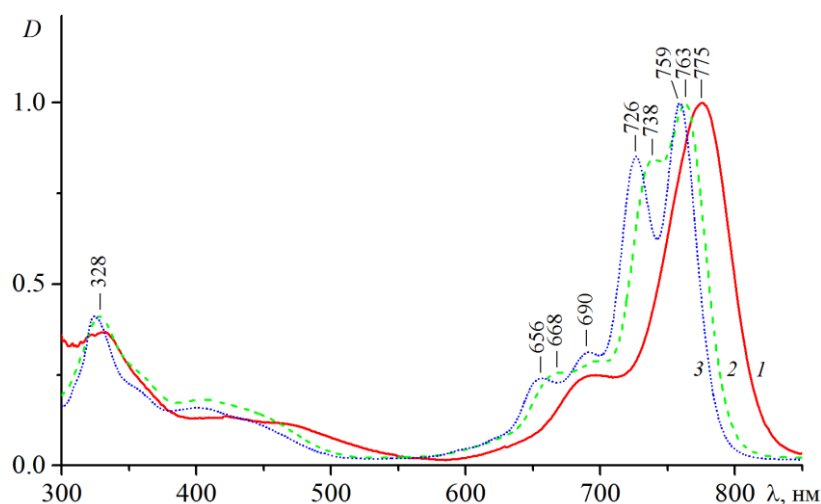


Рисунок 2 – Спектры поглощения $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Pc}$ в ДМСО (1), толуоле (2) и *n*-гептане (3) при 298 К

Как и все безметалльные фталоцианины, $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Pc}$ имеет D_{2h} симметрию сопряженной системы, что приводит к снятию вырождения самого низкоэнергетического синглетного состояния (Q -полосы). В электронном спектре поглощения это проявляется по характерному расщеплению Q -полосы на Q_x - и Q_y -компоненты. Как показал эксперимент, величина энергетического расщепления $\Delta E = E_{Q_y} - E_{Q_x}$ уменьшается по мере смещения Q_x -полосы в красную область. Так, Q -полоса в ДМСО с максимумом при 775 нм (рисунок 2, кривая 1) не проявляет видимого расщепления на компоненты, что может быть связано с небольшой величиной $\Delta E_{\text{ДМСО}}$, т. е. с существенным перекрытием Q_x - и Q_y -полос (аналогичная ситуация имеет место и для ДМФА). В других растворителях (этанол, хлороформ, толуол, бензол, *n*-гептан) $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Pc}$ имеет две спектрально разрешенные (в разной степени) интенсивные Q_x - и Q_y -компоненты. Например, для этанола $\Delta E_{\text{этанол}} \approx 350 \text{ см}^{-1}$ ($\lambda_{Q_x}^{\text{этанол}} \approx 766 \text{ нм}$), которое увеличивается в исследованном ряду растворителей и достигает для *n*-гептана (рисунок 2, кривая 3) величины $\Delta E_{\text{n-гептан}} \approx 600 \text{ см}^{-1}$ ($\lambda_{Q_x}^{\text{n-гептан}} \approx 759 \text{ нм}$).

Для анализа сольватохромии использован эмпирический параметр полярности растворителей $f(n)$ – высокочастотная поляризуемость, которая является функцией показателя преломления растворителя (n) и которая определяется из соотношения $f(n) = (n^2 - 1)/(2n^2 + 1)$ [4]. На рисунке 3 изображены зависимость частоты максимума Q_x -полосы поглощения $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Pc}$ от функции $f(n)$. Положения максимумов Q_x -полосы имеют две линейные зависимости: одна для полярных (протонных и апротонных), вторая для неполярных апротонных растворителей.

Полученные данные показывают, что полярные растворители (этанол, хлороформ, ДМФА, ДМСО) имеют низкочастотные смещения Q_x -полосы. В неполярных апротонных растворителях (*n*-гептан, толуол, бензол) спектры поглощения $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Фц}$ смещаются в высокочастотную область и проявляют заметную колебательную структуру полос поглощения, которая в полярных растворителях полностью размывается. Линейный характер зависимости ν_{Q_x} от $f(n)$ для каждой группы растворителей позволяет предположить, что спектральные сдвиги вызваны сольватацией, а не образованием ассоциатов. Однако не исключено, что, например, в случае этанола это может быть связано с возникновением водородной связи между этанольной ОН-группой и атомом кислорода бутокси-групп $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Фц}$. Для других полярных растворителей центрами взаимодействия могут быть не только атомы кислорода, но и (или) азота $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Фц}$. Вывод о значительной роли сольватации на положение спектральных полос подтверждается и тем, что нет корреляции между координационной силой растворителей и красным смещением, т. е. координация растворителей не играет существенной роли в этом процессе.

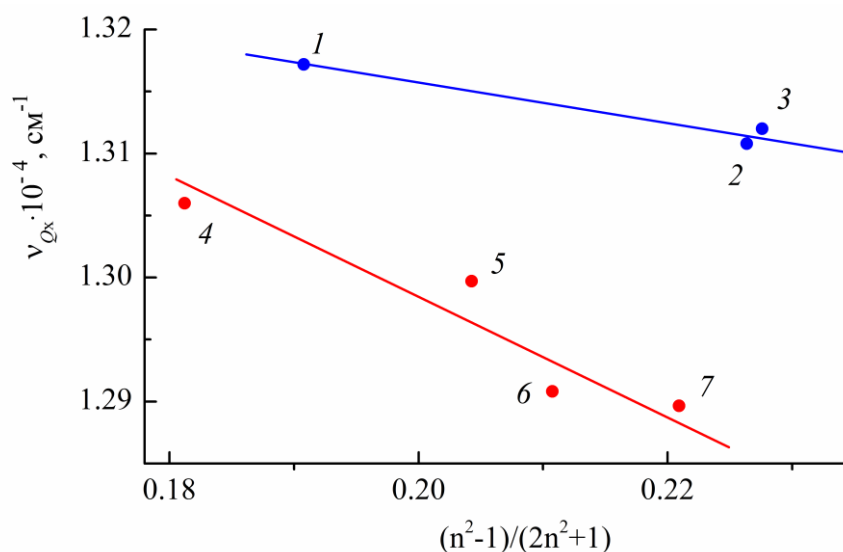


Рисунок 3 – Зависимость положения максимума Q_x -полосы $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Фц}$ в чистых растворителях от $f(n)$: *n*-гептан (1), толуол (2), бензол (3), этанол (4), ДМФА (5), хлороформ (6) и ДМСО (7)

В заключение можно сделать следующие выводы. Детально изучено влияние окружающей среды (природы растворителей) на спектральные свойства молекул $(\text{OBu})_8\text{H}_2\text{Фц}$ в основном состоянии. Установлена корреляция между энергией Q_x -полосы и энергетическим расщеплением Q_x - и Q_y -компонент: чем ниже энергия, тем меньше расщепление.

С практической точки зрения $(\text{O}^-\text{Bu})_8\text{H}_2\text{Фц}$ может быть использован как краситель, имеющий высокий коэффициент экстинкции Q -полосы в области примыкающей к ближнему ИК-диапазону.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке БРФФИ в рамках договора № Ф21МС-017.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Phthalocyanines: Properties and Applications / С. С. Leznoff [et al.] // VCH : New York, 1989–1996. – Vol. 1–4.

2. Design, Synthesis, and Properties of Phthalocyanine Complexes with Main-Group Elements Showing Main Absorption beyond 1000 nm / T. Furuyama [et al.] // J. Am. Chem. Soc. – 2014. – Vol. 136, № 2. – P. 765–776.

3. Kobayashi, N. Cation- or Solvent-Induced Supramolecular Phthalocyanine Formation: Crown Ether Substituted Phthalocyanines / N. Kobayashi, A. B. P. Lever // J. Am. Chem. Soc. – 1987. – Vol. 109, № 24. – P. 7433–7441.

4. Лакович, Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии / Дж. Лакович. – М. : Мир, 1986. – 496 с.

[К содержанию](#)

УДК 581.143:633.

Е. Г. АРТЕМУК, М. Р. НУРЫЕВА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

Загрязнение окружающей среды техногенными выбросами вызывает резкое ухудшение природных и антропогенных экосистем. Особую опасность представляют тяжелые металлы (далее – ТМ), которые вместе с пылью и сажей промышленных предприятий разносятся на расстояние до 20–50 км от источника, по трофическим цепям попадают в растительную и животную пищу человека. Избыточные концентрации ТМ в среде негативно влияют на рост и развитие растений, нарушая физиологические и биохимические функции, что приводит к снижению продуктивности и пищевой ценности растительного сырья [1; 2]. Некоторые ТМ, такие как ртуть, свинец, кадмий и хром, являются высокотоксичными элементами и могут представлять серьезную опасность для всей экосистемы.

Свинец является распространенным поллютантом, характерным для почв городских территорий. В растениях в биологически важных обменных процессах он не участвует и является абсолютным токсикантом. Избыток свинца является токсичным и вызывает такие симптомы, как повреждение мембран, изменение активности ферментов, ингибирует процесс дыхания и подавляет фотосинтез [3]. Свинец в достаточно высокой концентрации тормозит прорастание семян, замедляет рост корней в длину, а также образование корневых волосков. У листьев отравленных свинцом растений наблюдается хлороз, часто между жилками. Особенно сильно поражаются молодые листья. Повышенное содержание свинца вызывает функциональные нарушения в пигментных комплексах и уменьшение содержания хлорофилла в тканях [4]. Все это приводит к снижению урожайности и ухудшению качества сельскохозяйственной продукции. Предельно допустимая концентрация свинца для почв составляет 30 мг/кг. Его доза выше 10 мг/кг сухого вещества токсична для большинства культурных растений. Кроме того, свинец обладает синергическим действием и увеличивает токсичность других металлов [5].

Исследование влияния различных концентраций ионов свинца проводилось на клевере луговом (*Trifolium pratense L.*) сорта Слуцкий (1-я репродукция). Семена сельскохозяйственных культур проращивали по стандартной методике проращивания по ГОСТ 12038–84 [6] с добавлением раствора нитрата свинца с концентрациями от 10^{-2} до 10^{-6} М. Контролем являлся вариант на дистиллированной воде. Определяли энергию прорастания, всхожесть, высоту проростков и длину корней. В качестве контроля использовалась дистиллированная вода.

Изучение влияния различных концентраций ионов свинца на клевер луговой проводилось с целью подбора концентрации свинца, которая оказывала ингибирующее влияние на рост и развитие изучаемой культуры, но не приводила к полной гибели растений для проведения дальнейших исследований влияния brassinosteroidов (ЭЖ и его конъюгатов с кислотами) на рост и развитие клевера лугового при воздействии ионов ТМ.

Проведенные исследования показали, что при использовании свинца в концентрациях 10^{-6} – 10^{-2} М наблюдалось ингибирование роста корней у растений клевера лугового. Длина корней уменьшалась на 5,1–86,6 % по сравнению с контролем (таблица, рисунок).

С увеличением концентрации ионов свинца наблюдались морфологические изменения корешков (пожелтение), так как корень выступает одним из первых барьеров на пути проникновения ионов в растительный организм, и при концентрации свинца 10^{-2} М наблюдалась практически полная остановка роста растений и гибель. Некоторые концентрации

свинца оказывали положительное влияние на длину побега. Так, при концентрации Pb^{2+} 10^{-5} М наблюдалось увеличение длины побега на 26,7 %.

Таблица – Влияние ионов свинца на морфометрические параметры начальных этапов роста клевера лугового сорта Слущкий

Вариант опыта	Корень		Побег	
	Длина, мм	% к контролю	Длина, мм	% к контролю
Контроль	25,3 ± 0,51	100,0	25,8 ± 0,35	100
Pb^{2+} , 10^{-6} М	24,0 ± 0,53	94,9	26,1 ± 0,4	101,2
Pb^{2+} , 10^{-5} М	18,9 ± 0,39***	74,7	32,7 ± 0,31***	126,7
Pb^{2+} , 10^{-4} М	18,8 ± 0,33***	74,3	26,7 ± 0,33	103,5
Pb^{2+} , 10^{-3} М	12,6 ± 0,29***	49,8	23,7 ± 0,3***	91,9
Pb^{2+} , 10^{-2} М	3,4 ± 0,12***	13,4	8,4 ± 0,52***	32,6

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

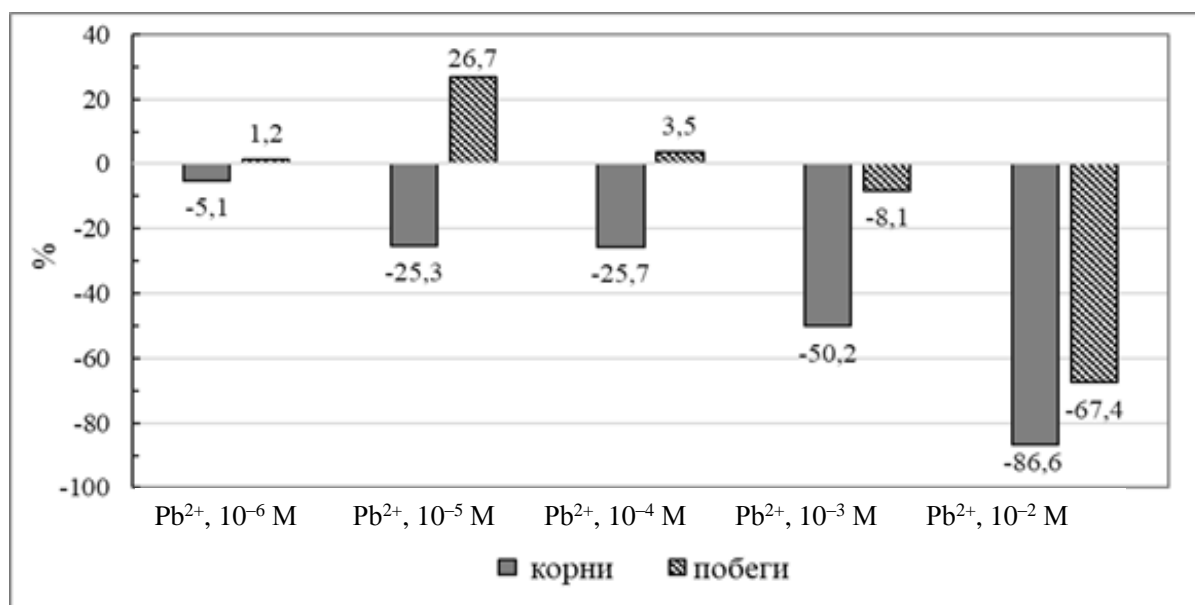


Рисунок – Влияние различных концентраций ионов свинца на морфометрические параметры клевера лугового сорта Слущкий, % относительно контроля

Таким образом, для дальнейших исследований влияния brassinosteroids на рост и развитие клевера лугового при воздействии ионов ТМ была выбрана концентрация ионов свинца 10^{-3} М, которая оказывала сильное ингибирующее действие на длину корней и побегов клевера лугового, однако не приводила к гибели растений.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kisa, D. The responses of antioxidant system against the heavy metal-induced stress in tomato / D. Kisa // J. of Natural and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 22, № 1. – P. 1–6.
2. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии», 2002. – 239 с.
3. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 437 с.
4. Башмаков, Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск : Мордов. ун-т, 2009. – 236 с.
5. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
6. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартиформ, 2011. – 29 с.

[К содержанию](#)

УДК 620.178.311:868

**В. А. АШУЙКО, И. Е. МАЛАШОНОК, С. Л. РАДЧЕНКО,
Н. А. ГВОЗДЕВА**
Беларусь, Минск, БГТУ

МЕХАНИЗМ ЗАЩИТЫ СТАЛИ АНТИКОРРОЗИОННЫМИ ЦИНКСОДЕРЖАЩИМИ КРАСКАМИ

Цинкование считается одним из самых надежных, экономичных и потому распространенных способов защиты железа и стали от коррозии. Горячее цинкование один из способов нанесения защитного покрытия на сталь. По отношению к горячему цинкованию способ холодного цинкования [1; 2] является достаточно конкурентоспособным и заключается

в нанесении на защищаемую поверхность цинкнаполненных красок. В Республике Беларусь существуют производства горячего цинкования, в частности ОАО «Речицкий метизный завод». В процессе горячего цинкования образуются около 120–140 т в год цинковой пыли, которую после отсева можно использовать при получении цинксодержащих красок.

В работе изучали коррозионную устойчивость образцов стали, покрытых цинксодержащими красками на основе разных связующих и отхода горячего цинкования – цинковой пыли с размером частиц 5–15 мкм.

В качестве связующего использовали жидкое стекло (образец 0.1), этилсиликат (образец 0.2) и акриловый полимер (образец 0.3). Важным условием реализации протекторной защиты является осуществление связи частиц цинковой пыли между собой и со стальной поверхностью. Это достигается за счет высокой степени содержания металлического пигмента (около 90 % по массе) [1; 2]. Цинксодержащие краски способны защищать металлы от коррозии на срок от 10 лет.

В зависимости от условий эксплуатации некоторое время после нанесения покрытие имеет пористую структуру, пропускающую минимальное количество влаги к железу. В этом случае покрытие защищает железо активным, катодным способом. С течением времени на частицах цинка образуются продукты коррозии: оксид, гидроксид, карбонат гидроксоцинка. Происходит уплотнение структуры покрытия, и оно перестает пропускать влагу и воздух. Вступает в силу пассивная, барьерная защита. Однако, если целостность покрытия будет нарушена (дефекты, царапины, трещины), в силу снова вступит катодная, активная защита.

Для изучения механизма противокоррозионной защиты полученных покрытий использовали трехэлектродную электрохимическую ячейку, потенциостат-гальваностат Autolab PGNST 302N, оснащенный модулем импедансной спектроскопии FRA 32N. Для испытаний были получены электроды (20×20 мм), которые вырезали из стального листа толщиной 1,5 мм марки Ст3. На подготовленную поверхность электродов наносили цинксодержащие краски и определяли их коррозионную стойкость.

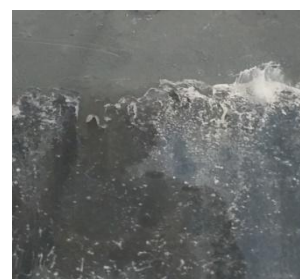
Импеданс спектры образцов (метод электрохимической импедансной спектроскопии) снимали в 3 %-м растворе NaCl, диапазон частот измерения составлял 10^6 – 10^7 Гц, амплитуда колебаний – 10 мВ, количество точек на декаду колебаний – 20. На основании обработки спектров импеданса определена скорость коррозии образцов.

Составы и характеристики цинксодержащих композиций приведены в таблице.

На рисунке 1 приведены фотографии поверхности образца № 0.2 до и после 6-часовой выдержки в 3 %-м растворе хлорида натрия.

Таблица – Составы и характеристики цинксодержащих композиций

Номер композиций (образца)	Пигмент, форма и размер фракции, мкм	Пленкообразователь	Толщина покрытия, мкм
0.1	Пыль – отход горячего цинкования, круглая 5–15	Жидкое стекло (концентрированный раствор силиката калия)	100–130
0.2	Пыль – отход горячего цинкования, круглая 5–15	Этилсиликатный полимер	30–40
0.3	Пыль – отход горячего цинкования, круглая 5–15	Полиакрилат	60–80

*a**б*Рисунок 1 – Фотографии поверхности образца № 0.2 до (*a*) и после 6-часовой выдержки в 3 %-м растворе хлорида натрия (*б*)

Из рисунка 1 следует, что после 6-часовой выдержки на поверхности образца образовались продукты коррозии белого цвета.

Процесс коррозии образцов исследовали методом импедансной спектроскопии, который основан на представлении, что металл с покрытием при погружении в электролит описывается эквивалентной электрической схемой, в которой емкость и сопротивление соединены параллельно, иными словами, в первый момент соприкосновения с электролитом система может рассматриваться как конденсатор с потерями, в котором металл и электролит являются обкладками, а диэлектрической прокладкой – пассивное покрытие [3].

По мере увеличения несплошности покрытия и появления участков с прямой проводимостью электролит локально контактирует с металлом, и измеряемая емкость будет определяться суммой электрической и электрохимической составляющей переменного тока. Явно выраженная зависимость емкостного сопротивления от частоты переменного электрического сигнала характерна для начального момента воздействия электролита на лакокрасочное покрытие, а также для покрытий с высокими защитными и электроизоляционными свойствами.

Для покрытий с низкими защитными свойствами характерно отсутствие или малая зависимость сопротивления от частоты. Для цинк-содержащих красок с высоким содержанием цинка модуль импеданса составляет 10^2 – 10^3 Гц во время первоначального этапа защиты. В случае высоких барьерных характеристик модуль импеданса превышает 10^6 – 10^7 Гц в диапазоне низких частот.

Электрическая емкость мала по величине и не зависит от частоты, а электрохимическая емкость сильно зависит от частоты и возрастает по величине.

На рисунке 2 приведены импеданс спектры (ЭИС) образцов 0.1, 0.2 и 0.3, снятые через каждый час. Как видно из рисунка 2, увеличение времени коррозионных испытаний приводит к изменению характера спектров ЭИС. На диаграммах Найквиста (образцы 0.2 и 0.3) появляются первая, вторая и другие полуокружности и происходит постепенное увеличение их диаметров во времени, что объясняется увеличением степени экранирования частиц цинка продуктами коррозии.

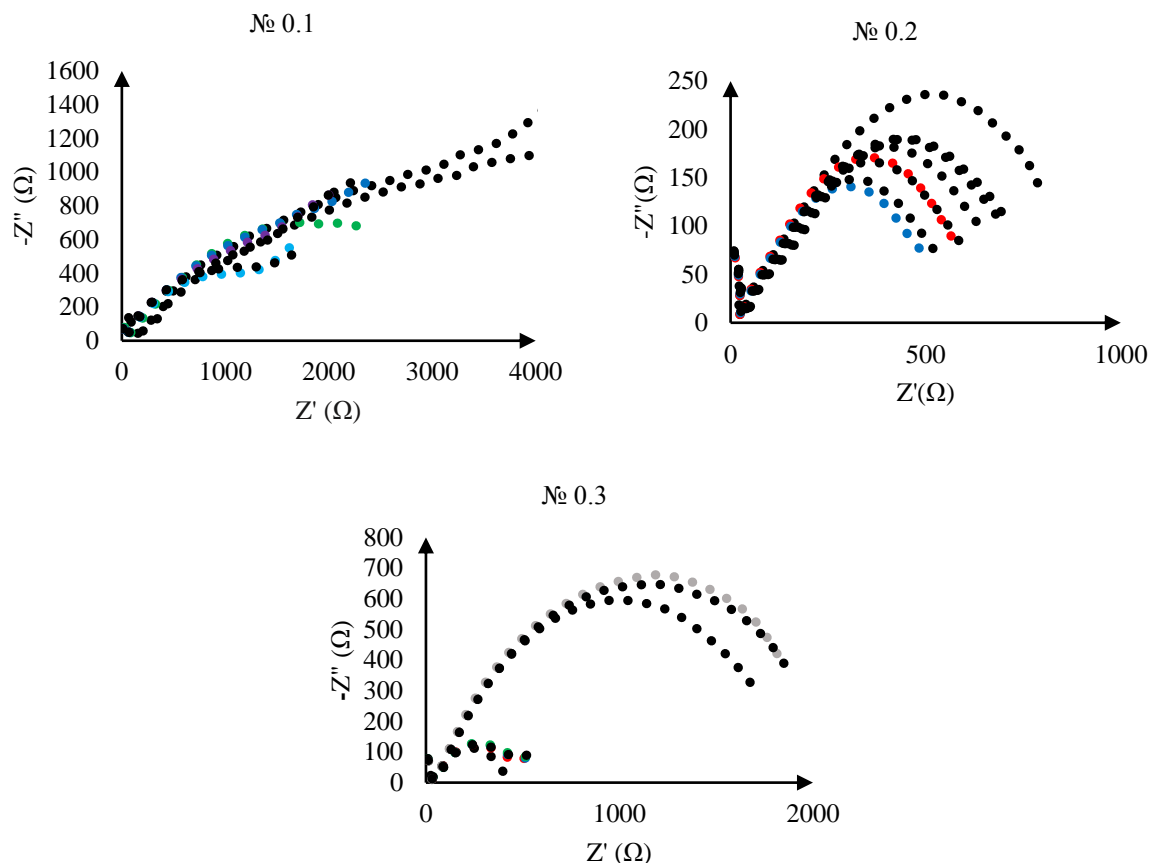


Рисунок 2 – Импеданс спектры (ЭИС) образцов 0.1, 0.2 и 0.3, полученные через каждый час выдержки в течение 6 часов

В случае образца 0.1 импеданс спектр имеет другую форму. На диаграммах кривые принимают форму импеданса Варбурга, что свидетельствует о преобладании диффузионного воздействия, это указывает на уплотнение и залечивание пор покрытия. Поверхностный слой краски на основе жидкосиликатного связующего проявляет гидрофильные свойства за счет присутствия фрагментов Si–ОН, что способствует удержанию воды и растворенного в ней кислорода на поверхности краски. Таким образом, облегчается диффузия к поверхности частиц цинка и образование продуктов коррозии. Краски на основе этилсиликатного и акрилового связующих проявляют гидрофобные свойства, что доказано измерением углов смачиваемости образцов.

Результаты исследования защитных свойств цинксодержащих красок с использованием различных связующих электрохимическим методом показали, что все изученные составы проявляют высокие антикоррозионные свойства и могут использоваться для защиты стали от коррозии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлович, А. В. Цинкнаполненные антикоррозионные грунтовки / А. В. Павлович, В. В. Владенков, В. Н. Изюмский // Лакокрасоч. пром-сть. – 2010. – № 3. – С. 38–46.
2. Ануфриев, Н. Г. Применение современных цинкнаполненных грунтовок для защиты металлоконструкций от коррозии / Н. Г. Ануфриев, Н. Е. Смирнова, С. В. Олейник // Коррозия: материалы, защита. – 2003. – № 2. – С. 29–31.
3. Коррозия и защита металлов : лаб. практикум для студентов специальности 1-48 01 04 «Технология электрохим. производств» / сост.: Н. П. Иванова, И. М. Жарский. – Минск : БГТУ, 2007. – С. 94.

[К содержанию](#)

УДК 620.193.197

С. В. БАСОВ, Э. А. ТУР, Н. С. ДОМАНСКИЙ

Беларусь, Брест, БрГТУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ПРИ КОНСЕРВАЦИИ АУТЕНТИЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ АРТЕФАКТОВ

Известно, что в настоящее время в большинстве развитых стран мира убытки от всех видов коррозионного разрушения металлов и сплавов, а также затраты на антикоррозионную защиту составляют около 5 % от национального дохода. Помимо прямых и косвенных потерь, вызванных разрушением металлических конструкций, коррозия приводит к загрязнению окружающей среды ионами различных металлов, что может привести к негативным экологическим последствиям [1; 2].

Существующие в настоящее время методы антикоррозионной защиты включают несколько больших групп: легирование металлов, нанесение защитных покрытий, электрохимическая защита, изменение свойств коррозионной среды, рациональное конструирование металлических изделий.

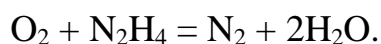
При проведении ремонтных, реставрационных и иных работ на исторических объектах, а также при археологических исследованиях специалисты сталкиваются с задачей по сохранению аутентичных металлических конструкций или их элементов, декоративных фрагментов интерьеров и фасадов, а также металлических археологических артефактов – предметов различного химического состава, вида и назначения.

В ходе таких работ в первую очередь после обнаружения подобных объектов проводят легкую механическую очистку с помощью мягкой щетки и проточной воды для удаления продуктов коррозии и грунта. После очистки поверхность сушат и обрабатывают необходимым консервирующим средством. Необходимую степень очистки определяют визуальным исследованием с помощью лупы или микроскопа [1; 3–5].

В некоторых простых случаях такая обработка бывает вполне достаточной (например, при незначительных коррозионных повреждениях или при обнаружении находок из благородных металлов) и, следовательно, отсутствует необходимость в других методах очистки и консервации [6–8]. Однако почти всегда требуются дополнительные химические или электрохимические антикоррозионные и консервирующие мероприятия.

Как уже отмечалось, одним из эффективных методов защиты от коррозии металлов является изменение свойств коррозионной среды, которое

направлено на снижение концентрации веществ, способствующих коррозии. Например, для этого в нейтральных средах, где коррозия протекает с участием кислорода, его удаляют деаэрацией (кипячение, барботаж инертного газа) или восстановлением с помощью гидразина (N_2H_4), сульфитов и некоторых других веществ:



Широкое распространение на практике получило изменение свойств коррозионной среды с помощью ингибиторов коррозии. Ингибиторами или замедлителями коррозии называют вещества, присутствие которых в незначительных концентрациях (не более $0,1 \text{ г/дм}^3$) в агрессивной по отношению к металлам среде значительно уменьшает скорость коррозионных процессов.

По своей природе ингибиторы коррозии бывают ионными (катионного или анионного типов) или молекулярными соединениями.

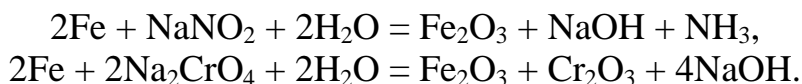
Ингибиторы могут адсорбироваться на корродирующей металлической поверхности электростатически (за счет кулоновских сил), специфически (адсорбция поверхностно-активных ионов и молекул) или химически (хемосорбция). Также возможна адсорбция вследствие одновременного сочетания разных сил [9–11].

По механизму тормозящего действия на электрохимический процесс коррозии ингибиторы делят на анодные, катодные, экранирующие (пленкообразователи) и смешанные.

Адсорбируясь на поверхности корродирующего металла, ингибиторы замедляют протекание процессов анодного окисления или катодного восстановления электрохимической коррозии, или, образуя экранирующую пленку, изолируют металл от электролита окружающей среды или имеют смешанный характер замедляющего действия.

По химическому составу различают органические и неорганические ингибиторы коррозии. Присутствие в органических ингибиторах полярных атомов N и S, которые имеют электроны, способные образовывать ковалентную связь с металлом, способствует их адсорбции на защищаемой металлической поверхности [12].

Анодные ингибиторы тормозят скорость анодного растворения металла и вызывают его пассивацию. Среди анодных ингибиторов наибольшее распространение получили нитрит натрия ($NaNO_2$), хромат натрия (Na_2CrO_4) и пероксид водорода (H_2O_2), которые окисляют поверхность металлов с образованием прочной оксидной пленки:

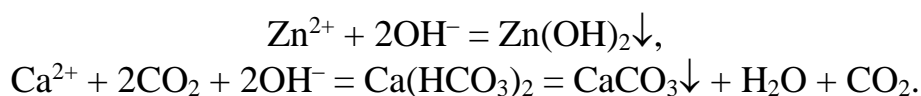


Следует отметить, что при недостаточной концентрации анодных ингибиторов для наступления полной пассивации металла (особенно в присутствии активных депассивирующих ионов, например ионов Cl^-) их применение становится опасным, так как они могут ускорить общую или местную коррозию, действуя как катодные деполяризаторы. Это необходимо учитывать при работе с аутентичными историческими металлическими предметами.

Катодные ингибиторы замедляют скорость катодного процесса или уменьшают площадь катодных участков. Они повышают перенапряжение катодного процесса при их адсорбции на поверхности корродирующего металла.

Важными катодными ингибиторами являются диэтиламин $((\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{NH})$, уротропин $(\text{N}_4(\text{CH}_2)_4)$, формальдегид (CH_2O) , пиридин $(\text{C}_5\text{H}_5\text{N})$, соли и оксиды мышьяка и висмута $(\text{AsCl}_3, \text{As}_2\text{O}_3, \text{Bi}(\text{SO}_4)_3)$, желатин, агар-агар, декстрин и др. Катодные ингибиторы безопасны, так как при недостаточной концентрации они не вызывают усиления коррозии.

В нейтральных средах эффективными ингибиторами являются ионы металлов, способные давать малорастворимые осадки:



Труднорастворимые соединения образуются в первую очередь на анодных или катодных участках соответственно.

Экранирующие ингибиторы, адсорбируясь на металле, образуют хемосорбционный слой или защитную пленку нерастворимых продуктов, взаимодействуя с первичными анодными продуктами коррозии – ионами окисляющегося металла образуют соответственно гидроксиды, фосфаты, бензоаты, силикаты и др. или с первичными катодными продуктами – гидроксильными ионами при кислородной деполяризации [9; 13].

Хемосорбционные слои или экранирующие пленки в большинстве случаев тормозят протекание анодного и катодного процессов примерно в одинаковой степени. Следует учитывать, что добавление анодных пленкообразователей в недостаточном количестве может привести к более глубокой местной коррозии вследствие увеличения отношения площади катодных и анодных участков.

Примером смешанных ингибиторов электрохимической коррозии металлов являются вещества, тормозящие протекание обоих электродных процессов – анодного и катодного (например, катапин – катионное поверхностно-активное вещество, представляющее из себя смесь алкилбензилпиридиний хлоридов или полибензилпиридиний хлоридов).

При консервации аутентичных металлических элементов конструкций, находящихся в бетоне (или выступающих из него) следует учитывать, что в бетонах практически всегда присутствуют растворимые хлориды (главным образом в виде CaCl_2). При наличии влаги в окружающей конструкции среде хлорид-ионы могут вызывать сильную коррозию. Поэтому при ремонтно-восстановительных или реставрационных работах, с целью консервации аутентичных металлических конструкций, в состав бетонов следует вводить ингибиторы (нитриты натрия или кальция, бензоат натрия или др.). Рациональную концентрацию ингибитора определяют на основании изучения зависимостей скорости коррозии защищаемого металла в данном электролите окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тодт, Ф. Коррозия и защита от коррозии. Коррозия металлов и сплавов. Методы защиты от коррозии / Ф. Тодт. – Л. : Химия, 1966. – 287 с.
2. Улиг, Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г. Г. Улиг, Р. У. Ревин. – Л. : Химия, 1989. – 214 с.
3. Никитин, Н. К. Химия в реставрации : справ. пособие / Н. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – Л. : Химия, 1990. – 304 с.
4. Walker, R. The Corrosion and Preservation of Iron Antiques / R. Walker // J. Chem. Educ. – 1982. – Vol. 59, № 11. – P. 943.
5. Skucas, V. Metalu Korozija. Paskaitu konspektai / V. Skucas. – Vilnius : Lietuvos Pilyys, 2007. – 88 p.
6. Басов, С. В. Химические методы очистки и консервации железных археологических артефактов / С. В. Басов, А. А. Башков, С. П. Гнатюк // Менделеевские чтения – 2011 : сб. науч. ст. межвуз. науч.-метод. конф., Брест, 19 февр. 2011 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под. общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2011. – С. 7–13.
7. Басов, С. В. Методы удаления продуктов коррозии археологических артефактов из сплавов цветных металлов / С. В. Басов, А. А. Башков, С. П. Гнатюк // Менделеевские чтения – 2012 : материалы межвуз. науч.-метод. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 28 февр. 2012 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под. общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2012. – С. 9–12.
8. Рабцэвіч, В. Н. Чыстка і кансервацыя старадаўніх манет / В. Н. Рабцэвіч // Археалогія і нумізматэка Беларусі : энцыклапедыя / рэдкал.: В. В. Гетаў [і інш.]. – Мінск : БелЭн, 1993. – С. 648.
9. Ингибиторы коррозии металлов / Л. И. Антропов [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1981. – 325 с.
10. Басов, С. В. Ингибиторы коррозии экологически полноценного теплоносителя для электродных отопительных котлов малой и средней

мощности / С. В. Басов, В. А. Халецкий, Э. А. Тур // Научно-технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 21–23 сент. 2011 г. : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. П. С. Пойты [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2011. – Ч. 2. – С. 3–6.

11. Берукштис, Г. К. Коррозионная устойчивость металлов и металлических покрытий в атмосферных условиях / Г. К. Берукштис, Г. Б. Кларк. – М. : Наука, 1971. – 336 с.

12. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов / Н. П. Жук. – М. : Metallurgia, 1976. – 472 с.

13. Фомин, Г. С. Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов / Г. С. Фомин. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 439 с.

[К содержанию](#)

УДК 693.542.4

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

Беларусь, Минск, ИОНХ НАН БЕЛАРУСИ

ВЛИЯНИЕ ПАРАФИНОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

В условиях агрессивного воздействия внешней среды происходит резкое снижение долговечности портландцементных бетонов (далее – ПЦБ), применяемых в дорожном, гидротехническом и промышленном строительстве. Воздействие на капиллярно-пористую структуру ПЦБ попеременных циклов увлажнения-высушивания, замораживания-оттаивания, солевых сред приводит к нарушению структурных связей и росту пористости материала. Регулирование межфазных процессов на границе раздела твердая фаза – вода и формирование структур пониженной водопроницаемости и коррозионной стойкости ПЦБ с использованием гидрофобизирующих добавок является актуальным направлением научных исследований. Эффективность действия гидрофобизаторов особенно велика в результате объемной модификации на стадии получения бетонных смесей, чаще всего, при введении в воду затворения, в связи с чем их важно использовать в водорастворимом либо водоразбавляемом состоянии, например, в виде прямых эмульсий.

В ИОНХ НАН Беларуси проведен комплекс исследований по оценке эффективности гидрофобизирующего действия парафиновых эмульсий (далее – ПЭ), отработаны технологические режимы получения ПЭ, оптимизировано содержание ПЭ в ПЦБ, при котором получен материал с высокими физико-механическими и гидрофизическими свойствами, коррозионной стойкостью [1–3]. Парафиновые эмульсии получали в высокоскоростном диспергаторе путем медленного добавления воды (~20 мл/мин) к заранее приготовленной смеси парафина (Т-1+гач, ~50 %) и эмульгаторов (~10 %), в качестве которого использовали неионогенные ПАВ (*НПАВ*) на основе смесей насыщенных оксиэтилированных жирных спиртов – *НПАВ 1* с разветвленным углеводородным радикалом и *НПАВ 2* с линейным углеводородным радикалом. Методом светорассеяния с использованием лазерного анализатора частиц Analysette 22 фирмы Fritsch исследован гранулометрический состав ПЭ (рисунок). Анализ дифференциальных кривых гранулометрического состава показал, что в случае использования *НПАВ 1* наблюдается моодисперсное, узкоинтервальное распределение частиц со средним размером 2,5 мкм, при этом в присутствии *НПАВ 2* средний размер частиц составляет 0,5 мкм. Предполагается, что высокое содержание частиц одинакового диаметра в эмульсии в присутствии *НПАВ 1* будет способствовать более равномерному распределению парафиновых мозаичных пленок в капиллярно-пористой структуре бетонов, при этом снижение дисперсности частиц парафина в присутствии *НПАВ 2* в значительной степени облегчит интенсивность проникновения и отложения парафина в капиллярных порах с поперечным сечением 0,1–1 мкм.

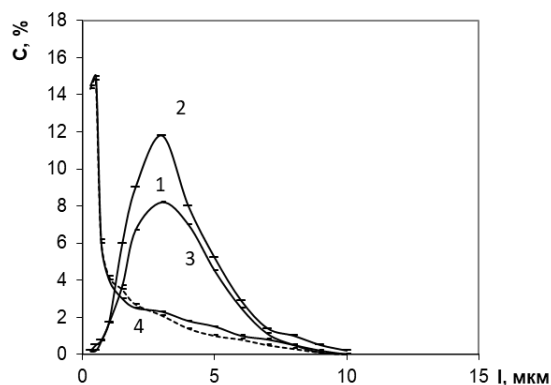


Рисунок – Дифференциальные кривые гранулометрического состава свежеприготовленных ПЭ с *НПАВ 1* (1) и *НПАВ 2* (3) и ПЭ через 1 год хранения с *НПАВ 1* (2) и *НПАВ 2* (4).

Различие в химическом строении *НПАВ* оказывает существенное влияние на их адсорбционную активность на поверхности парафина и, как

следствие, процессы структурообразования в ПЭ и размер структурных единиц течения. Результаты реологических исследований, проведенных с использованием автоматического реометра Physica MCR-101 в диапазоне скоростей сдвига $0 \div 300 \text{ с}^{-1}$, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Структурно-реологические свойства парафиновых эмульсий

Эмульгатор	Время хранения ПЭ	$P_{kl} \cdot 10, \text{Па}$	$P_m \cdot 10, \text{Па}$	χ
<i>НПАВ 1</i>	1 сутки	1,12	9,46	8,45
<i>НПАВ 2</i>	1 сутки	2,54	14,65	5,77
<i>НПАВ 1</i>	1 год	0,69	8,46	12,26
<i>НПАВ 2</i>	1 год	2,47	13,31	5,39

Установлено, что через сутки после приготовления ПЭ с *НПАВ 2* прочность структурных связей, характеризуемая показателем P_m , приблизительно в 1,6 раза выше, чем в ПЭ в присутствии *НПАВ 1*. Этот факт обусловлен способностью *НПАВ 2* создавать более прочные адсорбционно-сольватные слои на поверхности парафина, что позволяет усиливать гидродинамический эффект стабилизации эмульсий. Для эмульсионных систем, стремящихся к минимизации поверхности раздела фаз, естественно ожидать склонности со временем к изменению структурно-реологических параметров и расслоению. С использованием параметра χ , рассчитанного как отношение пределов прочности P_m/P_{kl} , установлено, что в течение года не происходит увеличения размера структурных элементов ПЭ с *НПАВ 2*, в то время как для ПЭ с *НПАВ 1* наблюдается значительное укрупнение частиц (в 1,45 раза) вследствие их коагуляции. Потеря агрегативной и кинетической устойчивости ПЭ может наблюдаться также и при их введении в высокощелочные портландцементные строительные растворы. Гидроксид кальция является их основой и наиболее активным коагулянтном, по этой причине поведение ПЭ при погружении в щелочную цементную среду моделировалось насыщенными растворами гидроксида кальция. В работе [1] было показано, что в течение 1–2 суток роста размера частиц парафина в растворе гидроксида кальция не наблюдалось независимо от природы используемого эмульгатора.

Свежеприготовленные ПЭ вводили в воду затворения цементно-песчаных смесей (ЦПС) на основе портландцемента (ПЦ М 500 Д20, ОАО БЦЗ, г. Костюковичи, Могилевская обл., Республика Беларусь) в количестве 0,5–1 масс. % (расчет на сухое вещество). Массовое соотношение ПЦ к песку (карьер Крапужино, Логойский район, Минская обл.) составляло 1 : 1,5, водоцементное отношение (в/ц) варьировали в интервале 0,39–0,42. Оптимальная дозировка ПЭ с *НПАВ 2* в ПЦБ вследствие

меньшего размера частиц парафина в ПЭ была снижена в два раза. Интересным являлся тот факт, что даже увеличение содержания ПЭ с НПАВ 2 до 2 % не приводило к существенному снижению марочной прочности ПЦБ. После введения в ПЦБ свежеприготовленных ПЭ было установлено, что частицы парафина равномерно оседают в порах цементного камня, образуют тончайшие мономолекулярные оболочки, придающие им гидрофобные свойства, повышенную плотность и сниженную водопроницаемость.

Для проведения исследований были получены бетоны следующих составов, мас.ч.: **1** (контроль) – ПЦ – 100, песок – 150, H_2O – 42; **2** – ПЦ – 100, песок – 150, ПЭ с НПАВ 1 – 1, H_2O – 39; **3** – ПЦ – 100, П – 150, ПЭ с НПАВ 2 – 0,5, H_2O – 40. Сразу после затворения ЦПС определена их подвижность по распылу конуса ($P_{обц}$, $P_{отк}$, $P_{зак}$) согласно СТБ 1545-2005, степень воздухововлечения (B , %) по [4]. Для определения структурных характеристик и свойств ПЦБ при хранении в нормальных температурно-влажностных условиях ($T = 20 \pm 2$ °С, относительная влажность воздуха – 80–90 %) получали кубы ПЦБ размером 4×4×4 см. После их отверждения определяли кинетику набора прочности ($\sigma_{сж}$, МПа) по ГОСТ 10180-2012, плотность (ρ , г/см³) по ГОСТ 12730.3-78, водопоглощение (B_m , %) по ГОСТ 12730.3-78, водо- и солестойкость ПЦБ [5]. По величинам плотности ПЦБ сделан вывод о воздухововлечении при получении ЦПС. Водостойкость оценена по величине коэффициента размягчения (K_p) ПЦБ по формуле: $K_p = \sigma_B / \sigma$, где σ_B – прочность при сжатии водонасыщенного образца, МПа; σ – прочность при сжатии высушенного до постоянной массы образца, МПа. Солестойкость определена по коэффициенту солестойкости (K_c), определенному по соотношению прочности при сжатии образцов, выдержанных в 10 %-м растворе сульфата натрия к прочности водонасыщенных бетонов: $K_c = \sigma_c / \sigma_B$, где σ_c – прочность при сжатии соленасыщенного образца, МПа; σ_B – прочность при сжатии водонасыщенного образца, МПа. Погрешность определения коэффициентов размягчения и солестойкости составляет $\pm 3,5$ %.

Изучены кажущаяся, истинная, общая, открытая, закрытая пористость и коэффициенты плотности ПЦБ. Кажущаяся (средняя) плотность массы единицы объема материала с порами для образцов правильной формы определена по геометрическим размерам по ГОСТ 2409-95, неправильной формы – по объему вытесненной жидкости в водонасыщенном состоянии. Истинная плотность определена пикнометрически по ГОСТ 2211-65, в качестве жидкости насыщения был использован 95 %-й этиловый спирт. По ГОСТ 2409-95 были определены общая пористость, суммарное содержание открытых и закрытых пор, открытая и закрытая пористость ПЦБ. Коэффициент их плотности (%), характеризующий степень заполнения

твердым веществом объема материала, представляет собой соотношение кажущейся и истинной плотности и вычислен по формуле: $K_{пл} = 100 \cdot \rho_{каж} / \rho_{ист}$. Структурные характеристики и свойства, полученных ПЦБ, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Структурные характеристики и свойства ПЦБ

№ состава	Структурные характеристики и свойства ПЦБ												
	v/c	$\rho_{каж},$ г/см ³	$\rho_{ист},$ г/см ³	$P_{общ},$ %	$P_{отк},$ %	$P_{зак},$ %	$K_{пл},$ %	P	$B,$ %	$\sigma_{сж},$ МПа	$B_m,$ %	K_p	K_c
1	0,42	2,06	2,97	30,6	17,5	13,1	69,4	П1	6,0	29	4,2	0,9	0,7
2	0,39	2,02	2,95	31,5	14,0	17,5	68,5	П2	6,3	24	2,0	0,95	1,1
3	0,40	2,08	2,9	28,3	13,0	15,3	71,7	П3	5,6	34	1,9	1,1	1,3

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что при введении 1 % ПЭ с *НПАВ 1* наблюдается слабая пластификация ЦПС с воздухововлекающим эффектом, которая позволяет снижать водоцементное отношение до 0,39. При этом основной функцией ПЭ является гидрофобизация ПЦБ, которая обусловлена адсорбцией парафиновых мозаичных пленок на поверхности твердых частиц и проявлением их смазывающего действия. При росте воздухововлечения увеличивается общая интегральная пористость ПЦБ и наблюдается снижение их прочности на 17 %. В данном случае снижается коэффициент плотности и открытой пористости материалов, наблюдается рост закрытой пористости, оказывающей положительное влияние на водопоглощение, коэффициенты размягчения и солеустойчивости составов (таблица 2). Закрытые поры являются резервной пористостью, которая способствует повышению морозостойкости, водостойкости и трещиностойкости материалов. Модифицированные эмульсиями составы выдерживали 300 циклов попеременного замораживания-оттаивания (ГОСТ 100060-87, второй базовый метод, контрольные составы – 250 циклов), при этом их прочность при сжатии превышает $\sigma_{сж}$ контрольных образцов в 1,5 раза.

Использование ПЭ с *НПАВ 2*, характеризующихся более высокой дисперсностью частиц парафина, приводит к повышению средней плотности, закрытой пористости и коэффициента плотности гидрофобизированных бетонов. В них фиксируется эффект гидрофобизации, снижения циркуляции влаги в результате формирования мелкодисперсных

ПЩ-структур, при экспозиции в воде – продолжение гидратационного твердения, а в растворах солей – снижение капиллярного всасывания и кристаллизационного давления солей в порах ПЩБ, которые снижают солевую коррозию и способствуют повышению коэффициента солеустойчивости материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Использование парафиновых эмульсий в качестве гидрофобизирующих добавок в бетоны / Н. Х. Белоус [и др.] // Хим. пром-сть. – 2015. – Т. 9, № 4. – С. 203–210.
2. Влияние модифицированных парафиновых эмульсий на свойства портландцементных бетонов / Н. Х. Белоус [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2015. – № 2. – С. 95–100.
3. Влияние комплексных парафиносодержащих добавок на свойства портландцементных мелкозернистых бетонов / Н. Х. Белоус [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2014. – № 4. – С. 99–104.
4. Блэнкс, Р. Технология цемента и бетона / Р. Блэнкс, Г. Кеннеди. – М. : Стройиздат, 1982. – С. 200–201.
5. Корчагина, О. А. Определение гидрофизических свойств бетона / О. А. Корчагина, А. А. Мамонтов, С. А. Мамонтов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2013. – 20 с.

[К содержанию](#)

УДК 628.54

А. С. ВАСИЛЕВИЧ, Н. П. ЯЛОВАЯ

Беларусь, Брест, БрГТУ

ПРОБЛЕМА ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Острота проблемы отходов связана с глобальными масштабами их образования. В Республике Беларусь, по данным Национального статистического агентства, ежегодно образуется около 4 млн т твердых коммунальных отходов (ТКО), из которых почти 280 тыс. т – отходы пластика. В 2023 году планируется вовлечь в хозяйственный оборот примерно 30 % коммунальных отходов, к 2030-му – 79 %, к 2035-му – 90 %. Это позволит существенно снизить объемы ТКО, направляемые на полигоны для захоронения.

Особенно острой проблема переработки и захоронения отходов является для г. Минска. За год в столице образуется около четверти всех отходов страны. Поэтому самыми крупными в республике являются полигоны г. Минска, из которых в настоящее время действует только один – «Тростенецкий», площадью 31 га, открытый в 2007 году.

За год полигон «Тростенецкий» принимает от 800 тыс. до 1,1 млн отходов. Изначально проектная мощность полигона была рассчитана до 2030 года, однако, так как «Тростенецкий» является единственным открытым полигоном г. Минска, он заполняется намного быстрее.

Самый мощный полигон – «Северный» в Минском районе, расположенный недалеко от д. Дубовляны, действовал с 1981 по 2017 годы. Его площадь составляет 23,4 га. В течение 36 лет на этот полигон свозили ТКО из Минска и Минского района – всего 66,5 млн м³ отходов. Высота полигона относительно поверхности земли составляет порядка 85 м (для сравнения: высота Национальной библиотеки Беларуси – 74 м).

Захоронение отходов – это не самый лучший способ утилизации. В мировой практике есть три основных способа утилизации: извлечение энергии (добыча газа), отдельный сбор мусора и компостирование. Причем предпочтительнее сортировать мусор не на полигоне, а совершенствовать систему отдельного сбора, чтобы отходы распределялись еще на стадии образования.

В последние годы в Беларуси появляется все больше мусоросортировочных предприятий, в населенных пунктах активнее устанавливают контейнеры для отдельного сбора мусора (однако все контейнеры забирает одна машина, сваливая их содержимое в одну кучу. В итоге собранный отдельный мусор попадает на одну сортировочную ленту, где работники предприятия разбирают тысячи тонн мусора вручную).

Сегодня только десятая часть отходов в Беларуси отправляется на вторичную переработку, остальная часть подлежит захоронению на мусорных полигонах. При этом в стране нет работающих мусоросжигательных заводов, а предприятия по переработке развиты слабо и зачастую очень устарели.

Система обращения с ТКО в Республике Беларусь постоянно совершенствуется. За последние пять лет значительно расширена и модернизирована система отдельного сбора, сортировки ТКО и заготовки вторичных материальных ресурсов (ВМР). Создано производство по переработке аккумуляторов, ведется работа по производству и использованию топлива из коммунальных отходов для цементных заводов (RDF-топлива). Результат такой комплексной работы – использование ТКО за 2020 год на 25 % от объема образования. В 2025 году использование ТКО планируется на уровне 64 %.

За период 2015–2020 годов объемы сбора ВМР выросли на 35 % (в 2020 году объем собранных ВМР составил 789,89 тыс. т, что на 24,59 тыс. т больше по сравнению с 2019 годом). Уровень использования ТКО увеличился в 1,6 раза и достиг в прошлом году 25 % от объема их образования. Значительно модернизирована материально-техническая база организаций, осуществляющих обращение с ТКО. В эксплуатацию введены мусоросортировочные заводы в г. Гродно и г. Минске. Завершено строительство и ведутся пусконаладочные работы на мусоросортировочном заводе в г. Витебске и на объекте по использованию топлива из ТКО (RDF-топлива). В стадии реализации находится проект по производству RDF-топлива на Гродненском мусоросортировочном заводе. Завершено проектирование мусоросортировочного завода для г. Бобруйска, разрабатывается проектно-сметная документация еще на семь объектов сортировки и использования ТКО.

В целях сокращения использования в объектах общественного питания одноразовой пластиковой посуды, а также принятия мер по отказу от пластиковой упаковки, замене ее на бумажную и иные виды экологичной упаковки, Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь утвердило Перечень одноразовой пластиковой посуды, использование и продажа которой запрещаются в объектах общественного питания с 1 января 2021 года [1].

На данный момент в Беларуси работают 17 крупных переработчиков отходов пластика и еще более 70 небольших предприятий. Полученные из отходов пластика полуфабрикаты используют для производства новой упаковки, пластмассовых изделий для дома, сада и огорода, строительных товаров. На эти предприятия отходы пластика поступают со всех районов страны после сортировки на сортировочных линиях или мусоросортировочных заводах.

В период с 2021 по 2025 год в Республике Беларусь планируется создать 16 региональных объектов по сортировке и использованию ТКО и полигонов для их захоронения. Это позволит сортировать практически все коммунальные отходы и использовать из них не только традиционные вторичные материальные ресурсы – стекло, бумагу, пластик, но и производить топливо для цементных заводов и котельных, а также компостировать и использовать органическую часть. Также планируется создание объекта по энергетическому использованию отходов в г. Минске (самое перспективное направление). Это позволит снизить объемы захоронения ТКО на 10–15 % в масштабах страны и импорта природного газа на 115 млн м³ в год.

Переработка твердых коммунальных отходов (ТКО) на мусорных полигонах может заинтересовать инвесторов получением электроэнергии из отходов, которые проходят процесс дегазации.

Всего на территории республики зарегистрировано 164 полигона ТКО и 80 накопителей промышленных отходов. Суммарная площадь земель под накопители и полигоны составляет уже около 900 га, а более 50 % выделенной территории уже полностью занято отходами. В сельской местности в последние годы создана сеть санкционированных мест складирования отходов – мини-полигонов (объекты захоронения ТКО годовой мощностью до 5,0 тыс. м³ или до 1,0 тыс. т в год). На мини-полигоны приходится примерно 3 тыс. га земли.

Одно из перспективных направлений для Республике Беларусь на 2023 год – производство RDF-топлива. RDF-топливо, полученное из отходов – это топливо, получаемое из твердых отходов в процессе измельчения и разделения горючих и негорючих материалов. Затем горючие материалы сушат и гранулируют или перерабатывают в форму, похожую на пух.

Основным способом утилизации ТКО в Республике Беларусь является их размещение на свалках. Тем не менее, согласно мнению экспертов, доля вторичных материальных ресурсов в ТКО, являющихся потенциальным сырьем для промышленного использования, достигает 60 %. Сегодня переработка ТКО позволяет получать не более 15–20 % вторичных материалов.

Процесс захоронения отходов неэффективен, так как теряется огромное количество ценных ресурсов, которые могли быть повторно использованы, например, в промышленности или сельском хозяйстве. Потенциальный объем энергии, содержащейся в ТКО, выработанного на территории Республики Беларусь эквивалентно 470 т топлива в год.

Сильными сторонами развития переработки и утилизации ТКО в Республике Беларусь является:

1. *Огромный потенциал.* В Беларуси ежегодно образуется около 30 млн т мусора, из которого только 35 % промышленного и 4–5 % бытового мусора перерабатывается. В связи с этим переработке вторичных ресурсов в ближайшее время будет уделено особое внимание.

2. *Государственная поддержка.* Необходимость в переработке ТКО активно обсуждается с 2009 года. Указ Президента Республики Беларусь [2] показывает более чем серьезное отношение к этому вопросу государства.

3. *Низкий уровень конкуренции.* В настоящее время в Республике Беларусь не существует крупных мусороперерабатывающих заводов. В будущем планируется построить мусороперерабатывающие заводы во всех городах Беларуси с населением более 100 тыс. человек.

Все эти сильные стороны развития переработки и утилизации ТКО в Республике Беларусь могут привести к тому, что переработка мусора в Республике Беларусь может быть прибыльной, поскольку она уменьшает количество отходов, которые необходимо утилизировать на свалках, и помогает сохранить природные ресурсы, используя отходы в качестве источника топлива или сырья. Кроме того, переработка ТКО может создавать рабочие места и стимулировать экономический рост, а также снижать воздействие утилизации отходов на окружающую среду. Превращая отходы в ценные продукты, переработка может помочь сохранить природные ресурсы, сократить выбросы парниковых газов и уменьшить воздействие отходов на окружающую среду, а также существенно повлиять на экономическое развитие современной Беларуси.

Таким образом, чтобы достичь правильной сортировки ТКО, необходимо предпринять ряд мер. Для этого требуется сочетание образования, стимулов и правоприменения:

- *Образование*: население должно понимать преимущества сортировки ТКО и влияние ТКО на окружающую среду. Этого можно добиться с помощью широкого информирования общественности, образовательных программ в учреждениях образования и массовых общественных мероприятий.

- *Стимулы*: предоставление скидок на сборы за вывоз ТКО, вознаграждение за правильную сортировку отходов и налоговые льготы для предприятий, реализующих программы сортировки ТКО, может побудить людей к правильной сортировке ТКО.

- *Правоприменение*: установление правил и норм для сортировки ТКО и наложение штрафов за несоблюдение требований законодательства смогут обеспечить соблюдение людьми нормативных требований.

- *Удобные объекты для сортировки отходов*: предоставление удобных и легкодоступных объектов для сортировки ТКО, таких как специальные контейнеры для различных типов отходов, может упростить и сделать сортировку ТКО более доступной для населения (в г. Бресте организованы подземные площадки для сортировки ТКО – одна обслуживает до 1000 человек).

- *Сотрудничество с предприятиями и учреждениями*: поощрение предприятий и учреждений к внедрению программ сортировки ТКО и вовлечение в процесс своих работников и клиентов сможет помочь расширить участие и повысить осведомленность.

Используя комбинацию этих стратегий, можно сделать сортировку отходов широко распространенной и общепринятой практикой в Беларуси. Главное – обучить население, сделать участие каждого жителя простым и удобным, а также предоставить стимулы и обеспечить соблюдение принятых правил и норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О Государственной программе сбора (заготовки) и переработки вторичного сырья в Республике Беларусь на 2009–2015 годы [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 22 июня 2009 г., № 327 : в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 22.11.2012 г. № 528. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=p30900327>.

2. О перечне одноразовой пластиковой посуды [Электронный ресурс] : постановление М-ва антимонопол. регулирования и торговли Респ. Беларусь, 19 февр. 2020 г., № 14. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035115&p1=1>.

[К содержанию](#)

УДК 628.4

А. С. ВАСИЛЕВИЧ, Н. П. ЯЛОВАЯ

Беларусь, Брест, БрГТУ

ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

С расширением номенклатуры производственных материалов и предметов потребления отходы постоянно приобретают все более сложный морфологический состав, возрастает их химическая опасность. Удаляемые отходы в места хранения и захоронения превращаются в источники долговременного негативного влияния на окружающую среду.

До 2012 года основным видом захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) и промышленных отходов в г. Бресте являлся полигон. С ростом населения города, расширения городской черты увеличивались объемы ТКО и доля неиспользованных отходов.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 17 ноября 2008 года № 617 в 2008–2011 годах было осуществлено строительство Брестского мусороперерабатывающего завода.

На КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» предусмотрено две технологические линии:

- обезвоживание и обработка активного ила и сырого осадка сточных вод с последующей выработкой из биогаза электрической и тепловой энергии;
- сортировка и биологическая обработка ТКО, извлечение вторичного сырья (макулатура, пластмасса и др.) и направление их в хозяйствен-

ный оборот; выработка из биогаза (результат сбраживания органики) электрической и тепловой энергии.

Технологическая линия завода построена следующим образом:

1. Сбор твердых коммунальных отходов

Одной из основных функций КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» является функция по сбору и транспортировке всех образующихся в городе ТКО. В настоящее время по вывозу коммунальных отходов охвачено 100 % территории г. Бреста, а также Брестский район, г. Жабинка и Жабинковский район.

ТКО, образующиеся на территории г. Бреста и переданные на обслуживание прилегающих районов, накапливаются в контейнерах, установленных на специально оборудованных площадках, и собираются специализированным транспортом с последующей доставкой на территорию завода согласно региональной схеме обращения с твердыми коммунальными отходами.

Также с 2016 года в г. Бресте функционируют первые подземные площадки для сбора отходов. На данный момент в Бресте оборудовано и функционирует 40 заглубленных площадок для сбора ТКО в жилых кварталах, их количество постоянно увеличивается.

Требования, предъявляемые к качеству вторичных материальных ресурсов (далее – ВМР), извлекаемых из ТКО, определяются договорными отношениями между КПУП «БМПЗ» и предприятием – переработчиком ВМР.

2. Технологический процесс механико-биологической установки ТКО

В состав участка входят следующие основные и вспомогательные производства и сооружения: весовая, цех приема и подготовки отходов, цех основной сортировки, цех предварительного накопления и загрузки органической фракции ТКО в ферментеры, сухие ферментеры, цех выгрузки, цех очистки воздуха.

Доставка ТКО в цех приема и подготовки отходов осуществляется мусоровозами, которые взвешиваются на автомобильных весах грузоподъемностью 60 т на два проезда, расположенных при въезде на территорию предприятия для фиксирования объемов ТКО, которые поступают на предприятие, и объемов, вывозимых с предприятия.

Все грузовые автомобили перед въездом и выездом на территорию предприятия взвешиваются и проверяются на наличие радиоактивного загрязнения. После взвешивания мусоровозы доставляют ТКО в цех приемки и выгружают на площадку промежуточного хранения.

В зависимости от состава смешанные ТКО разгружаются либо в зону подачи материала на сортировку, либо в иное место (в случае наличия отходов, исключенных из системы общего сбора (строительный мусор,

зола, ветки, смет и прочие отходы, которые негативно влияют на процесс сортировки)) для досортировки.

После открытия ворот цеха приема и подготовки грузовые автомобили заезжают и выгружают отходы на площадку промежуточного хранения. С целью предотвращения выхода запахов и пыли наружу ворота оборудованы установками воздушной завесы, которые включаются автоматически при открытии ворот. Далее сортировщики производят визуальный осмотр, отбирают крупногабаритные отходы, частично ВМР. Автопогрузчик подает отходы в зону действия грейферного экскаватора, где отходы подаются в бункеры разрывателей пакетов, расположенные перед обеими линиями. До второй ступени грохочения с диаметром ячейки 70 мм линии продублированы, далее два потока объединяются в один поток.

Сначала отходы подвергаются предварительной сортировке в специально оборудованной кабине. Из потока вручную извлекается крупногабаритный мусор (более 200 мм) и стекло, которые сбрасываются в шахты с установленными в них контейнерами (для сбора стекла).

После предварительной сортировки отходы проходят через магнитные сепараторы для извлечения металлолома. Очищенный металлолом складывается в специально отведенном месте. По мере накопления очищенный металлолом реализуется.

Отходы после магнитных сепараторов, проходя через барабанные грохоты, разделяются на две фракции: фракция менее 40 мм (органика) и фракция более 40 мм. Фракция отходов более 40 мм, проходя через магнитный сепаратор, установленный над лентой транспортера (металлолом сбрасывается в накопительный контейнер), попадает на ступень грохочения, где разделяется на два потока.

Фракция 40–70 мм, богатая твердыми (минеральными) примесями (камни, стекло, керамика и пр.), поступает в цех приема отходов, откуда вывозится на полигон ТКО для использования в качестве перестилающего слоя.

Фракция более 70 мм, богатая ВМР по системе конвейеров, подается на оптический сепаратор, с помощью которого извлекается из поступающего потока пластик (ПЭТ; полиэтилен; полипропилен), который далее направляется на баллистический сепаратор для разделения потока на три фракции: мелкий мусор, плоский материал (пленка, пакеты и т. п.), объемный материал (бутылки, банки, канистры).

ВМР, отобранные на основной сортировке, спрессовываются в тюки, которые в дальнейшем реализуются. Спрессованные ВМР взвешиваются и вилочным погрузчиком перемещаются на склад ВМР.

Богатая органикой тонкая фракция (менее 40 мм) разделяется на два потока – чистая органика и твердые примеси. С помощью ленточного

транспортера твердый материал подается в отвал, который вывозится на полигон ТКО для использования в качестве перестилающего слоя, а по транспортеру чистая органика передается на реверсивный шнек для накопления органической фракции, а далее в ферментер.

Ферментер – железобетонное герметичное сооружение с обогревательным контуром и мешалками для продвижения и перемешивания материала, в котором происходит процесс разложения (стабилизация) легко-разлагаемой органики анаэробными микроорганизмами.

В ферментер материал поступает по заранее заданному режиму. На выходе из ферментера сбрасываемый материал по мере необходимости выгружается. Среднее время нахождения в нем составляет около 20 суток. Для достижения оптимальной активности метанобразующих бактерий температура реакции в ферментере составляет около 37 °С.

В процессе стабилизации субстрата легко разлагаемая органика разрушается до минерального остатка и биогаза.

Обезвоженная сброженная органика (минеральный остаток) представляет собой рассыпчатый материал с влажностью 55–65 %, который используется в качестве изоляционного материала на полигоне ТКО. Также, помимо минерального остатка, в процессе стабилизации отходов (сбраживания и обезвоживания) образуется жидкость «фугат» и биогаз. Фугат равномерно перекачивается в общую канализацию.

Таким образом, вся органическая фракция ТКО путем стабилизации превращается в плотную неразлагающуюся массу, прессованную воду и биогаз. Масса твердой фракции после обезвоживания по отношению к загруженной в среднем уменьшается в 4–5 раз. В процессе данных манипуляций происходит уменьшение захораниваемых ТКО на 25–30 %. Кроме того, выделяемый биогаз передается на участок ТЭЦ, где предварительно очищается и сжигается в когенерационных машинах с выработкой тепловой и электрической энергии.

3. Схема обработки сырого осадка и избыточного ила

Сырой осадок с площадки станции очистки сточных вод поступает на обработку в цех обезвоживания на песколовку, где задерживается песок. Сырой осадок отводится в резервуар и подается в уплотнители, где происходит его уплотнение. Отдельная вода отводится в сети хозяйственно-производственной канализации площадки, а уплотненный осадок, подается в метантенки. Избыточный активный ил с площадки станции очистки сточных вод подается в резервуар, расположенный в цехе обезвоживания, для уплотнения. Отжатая иловая вода поступает в сети хозяйственно-производственной канализации. Уплотненный избыточный ил подается в метантенки.

В двух метантенках происходит процесс мезофильного сбраживания ила и осадка. В процессе сбраживания происходит распад беззольных веществ с выделением биогаза, приводящий к уменьшению массы сухого вещества и увеличению влажности осадка. Сброженный осадок направляется на ленточные фильтр-прессы на обезвоживание. Обезвоженный осадок вывозится на захоронение.

4. Сбраживание ила и осадка

Биологическая анаэробная стабилизация ила и осадка производится методом мезофильной анаэробной стабилизации при 37 °С. Для этого предусмотрены метантенки с внутренней циркуляцией. В результате вырабатывается биогаз, используемый в ТЭЦ совместно с биогазом, получаемым от установки по переработке отходов.

Для гомогенизации и перемешивания осадка в метантенках предусмотрена центральная труба с нагнетанием газа. Газовые компрессоры получают газ из трубопровода для биогаза между верхней частью метантенка и отсеком для измерения объема газа. С напорной стороны газ поступает назад в верхнюю часть метантенка и направляется в центральную трубу.

Осадок подогревается при помощи расположенных снаружи трубчатых теплообменников. Для этого на уровне нижней вершины воронки метантенка забирается осадок, который затем, после прохождения через теплообменник, центробежным насосом подается снова в реактор. Энергия для подогрева поступает через отопительные трубы от ТЭЦ.

5. Очистка биогаза от сероводорода и его использование

Биогаз, полученный от ферментеров и метантенков, объединяется в один поток и направляется в шахту обессеривания для удаления сероводорода.

Очистка биогаза происходит с помощью иммобилизованных бактерий в шахте обессеривания. К потоку биогаза, в качестве питательной среды для бактерий добавляется удобрение, питьевая вода и воздух добавляются для окисления сероводорода ферментами микроорганизмов до серной кислоты.

Очищенный биогаз по трубопроводам самотеком поступает к газгольдеру. Газгольдер – резервуар в виде шара с двойной оболочкой, предназначенный для накопления биогаза и выравнивания потока перед подачей к ТЭЦ для сжигания и выработки электроэнергии. Газовый факел – инженерное сооружение, осуществляющее управляемое или аварийное сжигание сопутствующего газа. Он необходим только в исключительных случаях (например, для проведения работ по техническому обслуживанию или неисправности ТЭЦ), чтобы можно было направить биогаз в атмосферу с причинением минимального вреда экологии. После

газгольдера биогаз очищается на угольных фильтрах и подается в ТЭЦ, где происходит выработка тепловой и электрической энергии. Биогаз используется в трех модульных мини-ТЭЦ. Произведенная электрическая энергия подается в общую сеть предприятия. Вырабатываемое тепло служит для обогрева в разных технологических процессах, а зимой дополнительно для отопления зданий. Избыток электроэнергии (в случае, если таковая имеется) направляется в городские сети. В случае выхода из строя одной из ТЭЦ избыток биогаза направляется на действующие ТЭЦ либо сжигается в газовом факеле.

б. Очистка загрязненного воздуха

Цех приемки и цех первичной обработки выполнены как полностью закрытое здание с герметизированными участками. Ворота цеха приемки оборудованы воздушными шлюзами. Благодаря этому предотвращается выход отводимого воздуха, загрязненного пылью и запахами, в окружающую среду.

Отработанный воздух отводится из цехов с помощью поверхностной вытяжки, а оборудование, где образуется большое количество пыли, дополнительно обустроено отдельными вытяжками, через которые воздух с большим содержанием примесей подается на специальный пылеулавливающий фильтр. Все цеха с большим содержанием загрязняющих веществ в воздухе оборудованы системой вытяжной вентиляции с подачей отработанного воздуха на очистку через скруббер и увлажнитель (функции которых – улавливание пыли в воздухе; удаление аммиака, который может содержаться в отводимом воздухе; насыщение воздуха водяным паром во избежание высыхания материала биофильтров) и выпуском в атмосферу через биофильтр.

Выводы. Основная деятельность завода связана с обработкой коммунальных отходов и осадков сточных вод для получения энерго- и теплоресурсов. Весь биогаз, полученный от ферментеров и метантенков, объединяется в один поток и направляется в шахту обессеривания для удаления сероводорода. С помощью иммобилизованных бактерий в специальной колонне происходит процесс обессеривания.

Очищенный биогаз аккумулируется в газгольдере. Газгольдер – резервуар в виде шара с двойной оболочкой, предназначенный для накопления биогаза и выравнивания потока перед подачей к ТЭЦ, где происходит процесс сжигания и выработки электроэнергии.

Полученная из природного газа и биогаза электроэнергия используется на технологические нужды завода (25 % от общего количества выработанной электроэнергии), основная часть реализуется в сеть РУП «Брестэнерго».

Впервые в республике разработана и внедрена в эксплуатацию система «АСКУЭ», позволяющая обеспечивать подачу в энергосеть по одной линии «зеленой» и обычной электроэнергии. Электроэнергия, вырабатываемая из биогаза, реализуется по зеленому тарифу с коэффициентом 1,3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коммунальное производственное унитарное предприятие «Брестский мусороперерабатывающий завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bmpz.by>. – Дата доступа: 15.02.2023.

2. Просто разделяй: как на Брестском мусороперерабатывающем заводе извлекают ВМР [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/reportazh-prosto-razdeljaj-kak-na-brestskom-musoropererabatyvajuschem-zavode-izvlekajut-vmr-378569-2020>. – Дата доступа: 10.02.2023.

[К содержанию](#)

УДК 678.742.2

Е. В. ВОРОБЬЁВА

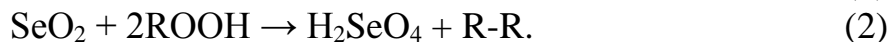
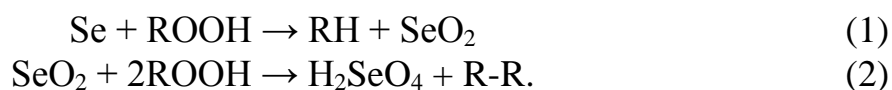
Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНА

Полимерные материалы, в частности полиолефины, склонны к реакциям окисления, которые зарождаются и протекают по механизму радикального замещения. Обычно проблему стабилизации полиолефинов решают путем введения антиокислительных добавок. Широко известны антиоксиданты, обрывающие цепи окислительных превращений по реакции с пероксидными радикалами (фенолы, ароматические амины), и антиоксиданты, разрушающие гидропероксиды ROOH (серо-, фосфорсодержащие органические соединения). В настоящее время возрос интерес исследователей к селену и его соединениям как антиокислительным добавкам, что связано с выявлением биологической роли селена в живых системах. Так, установлено, что остатки селеноцистеина обеспечивают функциональную активность глутатионпероксидаз (GP) – ферментов, катализирующих восстановление органических пероксидов и пероксида водорода глутатионом. В синтетических полимерных материалах влияния селеносодержащих соединений мало изучено, работы единичны. Так, например,

в [1] было обнаружено, что 100 ppm порошка селена уменьшают термоокислительную деструкцию и смещают начало термического пиролиза полиэтилена высокой плотности примерно на 60 °С. Отмечено, что [2] при добавлении 0,1; 0,2 и 0,5 % масс. элементарного селена к сополимеру этилена и пропилена индукционные периоды образцов материалов увеличиваются, а скорости их окисления снижаются.

Исследователи полагают, что селен аналогично серосодержащим антиоксидантам разлагает гидропероксиды, вступая с ними в окислительно-восстановительные реакции. В [3] предложен следующий механизм антиокислительного влияния селена:



При использовании селена в качестве ингибитора не выяснены до конца вопросы влияния концентрации на термоокислительную стойкость, не понятно, как влияет добавка этого неметалла на эксплуатационные свойства полимерной матрицы.

Цель работы – изучить влияние концентрации кристаллического селена на изменения молекулярной структуры полиэтилена при термоокислении; изучить влияние добавок селена на термоусадочные свойства полиэтилена.

При проведении эксперимента использовались два вида порошков: порошкообразный полиэтилен (ПЭНД, ГОСТ 16338-85, марка 20308-005) и порошок селена (selenium, powder, karlo erba, частицы < 0,152 мм). Из навесок порошков полиэтилена и селена методом термического прессования изготавливались пленки (температура прессования 150 °С, 70–100 кгс/см²). Термоокислительные испытания полученных пленок проводили в термощкафах при температуре 150 °С. За изменением структуры полимерных образцов следили по ИК-спектрам, которые регистрировали на ИК-Фурье-спектрофотометре Vertex 70 (фирма Bruker, Германия). Степень окисления пленок определяли по оптической плотности полосы 1720 см⁻¹. Усадку полученных экспериментальных образцов пленок определяли в соответствии с ГОСТ 25951-83.

На рисунке 1 представлены данные об изменении интенсивности полосы 1720 см⁻¹ в образцах полиэтиленовых пленок, содержащих 0,1–0,8 % масс. дисперсного селена. По положению кривых можно выделить индукционный период окисления (ИПО) – период, в течение которого накопление карбонильных групп в полимере не происходит. ИПО чистой пленки полиэтилена – 1,5 часа.

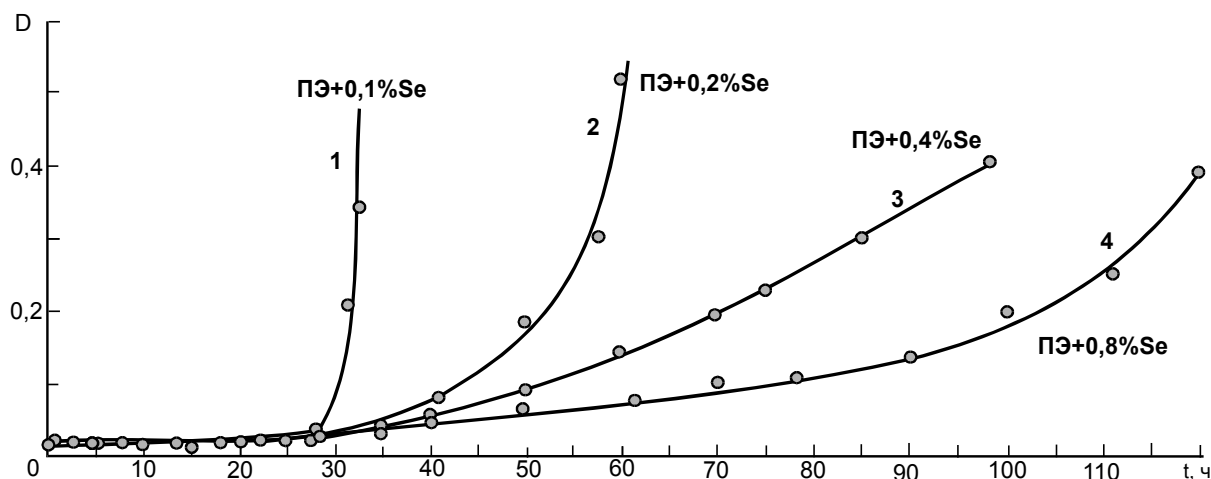


Рисунок 1 – Изменение оптической плотности поглощения полосы 1720 см^{-1} в ИК-спектрах пленочных образцов ПЭ + 0,1 % Se (1), ПЭ + 0,2 % Se (2), ПЭ + 0,4 % Se (3), ПЭ + 0,8 % Se (4). Толщина пленок 100 мкм, температура термоокисления $150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Как видно из представленных данных, введенный селен значительно тормозит процесс окисления полиэтилена: при введении 0,1 % мелкодисперсного селена ИПО пленок составляет примерно 20 часов (рисунок 1, кривая 1), при концентрации 0,2 % селена индукционный период составляет около 40 часов (рисунок 1, кривая 2). При высоких концентрациях процесс накопления карбонильных групп протекает медленно, поэтому точно определить продолжительность ИПО сложно (рисунок 1, кривые 3, 4), однако влияние концентрации селена на стабилизацию структуры полиэтилена однозначно.

Данные, представленные на рисунке 1, указывают, что ингибирующее влияние селена на окислительный процесс реализуется строго в контактной зоне полимер-селен. По причине соприкосновения частиц селена между собой в матрице полимера общая площадь контакта не растет пропорционально концентрации вводимой добавки, поэтому при увеличении содержания порошка селена в 8 раз с 0,1 до 0,8 % масс. ИПО возрастает примерно в 2,5 раза.

Учитывая механизм антиокислительного влияния (уравнение 2) можно предположить о влиянии этого неметалла на сшивку полимера, что обычно отражается на увеличении усадки материала. Экспериментально подтверждено, что введение селена в полиэтилен увеличивает его термоусадку. Зависимость степени усадки образцов полиэтилена от содержания селена представлена на рисунке 2.

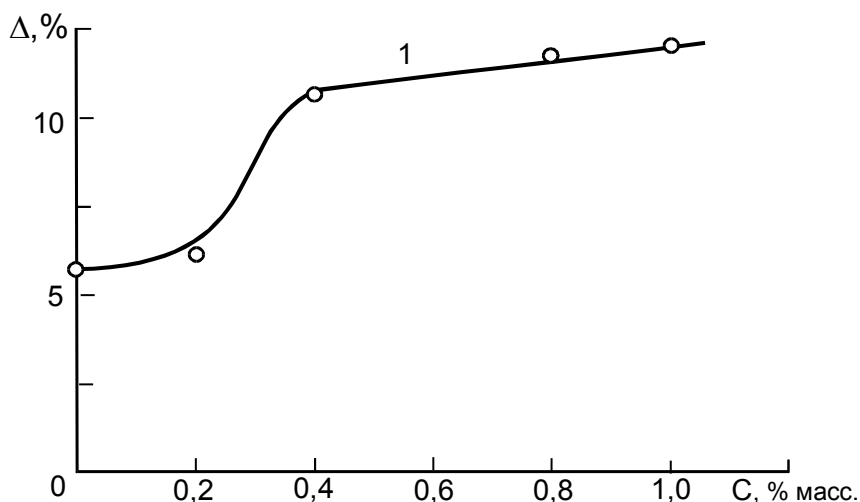


Рисунок 2 – Зависимость термической усадки (Δ , %) полиэтиленовой пленки толщиной 100 мкм от концентрации (C, % масс.) в ней добавки порошка селена

Таким образом, добавки селена стабилизируют структуру полиэтилена и увеличивают его термоусадку.

Работа выполнена при поддержке государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Материаловедение, новые материалы и технологии», 2021–2025 гг., задание № 4.1.4.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effect of selenium on the thermal oxidation and oxidative pyrolysis of high-density polyethylene / J. Scheirs [et al.] // Polymer degradation and stability. – 1992. – Vol. 38, № 1. – P. 23–26.
2. Zaharescu, T. Kinetic effects of selenium on degradation of ethylene-propylene copolymer / T. Zaharescu, S. Jipa, I. Mihalcea // J. of applied polymer science. – 2001. – Vol. 80, № 11. – P. 2053–2057.
3. Efficiency assessment of additives in thermal degradation of i-PP by chemiluminescence I. Triazines / S. Jipa [et al.] // Polymer Degradation and Stability. – 2000. – Vol. 68, № 2. – P. 159–164.

[К содержанию](#)

УДК 628.477:678.7:595.767.29

Е. В. ВОРОБЬЁВА¹, И. В. МАЙОРОВА²

¹Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

²Беларусь, Гомель, СШ № 44 имени Н. А. Лебедева г. Гомеля

УТИЛИЗАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЧИНОК *ZOPHOBAS MORIO*

В последние десятилетия среди ряда экологических проблем наиболее остро стоит проблема утилизации полимерных отходов. Предпринимаются разные способы решения этой задачи: сжигание отходов, термомеханическая конверсия в топливо, рециклинг (вторичное производство полимерной продукции из отходов), создание биоразлагаемых материалов, поиск микроорганизмов для биотической деструкции полимеров [1]. Однако все предложенные способы, несмотря на некоторые успехи, не решают проблему глобально. Среди альтернативных способов решения – биологический способ утилизации полимерных отходов. Известно, что некоторые виды насекомых или их личинки могут использовать полимеры в качестве пищевого субстрата, например: личинки восковой моли (*Galleria mellonella*), индийской молочницы или амбарной огнёвки (*Plodia interpunctella*), мучных червей (*Tenebrio molitor*), а также личинки жуков из семейства чернотелки (*Zophobas atratus*, *Zophobas morio*) [2; 3].

Цель работы – исследовать эффективность биологической утилизации синтетических полимерных материалов с углерод-углеродной связью; изучить влияние вводимой органической добавки на утилизацию полиэтилена в результате деятельности личинок *Zophobas morio*.

Материалы и методы исследования. В эксперименте в качестве пищевого субстрата для *Zophobas morio* использовались промышленные пленки из полиэтилена, полипропилена и вспененного полистирола толщиной не более 50 мкм.

В исследованиях использовали дисперсный лигнин («Полифам», производство ОДО «РАДМЕДТЕХ»), аскорбиновую кислоту (ГОСТ 4815-76) и порошкообразный полиэтилен (ПЭНД, ГОСТ 16338-85, марка 20308-005). Из навесок порошков полиэтилена и добавки (лигнин, аскорбиновая кислота) методом термического прессования были получены полимерные пленки толщиной 100 мкм, которые затем были использованы в исследованиях. Режим прессования пленок: давление до 100 кг/см², выдержка в прессе не менее 30 секунд. ИК-спектры полимерных материалов и орга-

нических остатков продуктов жизнедеятельности проведены на ИК-Фурье-спектрофотометре Vertex 70 (фирма Bruker, Германия).

Для каждого вида полимерных образцов опыт проводился в 3-кратной повторности (три отдельных контейнера с 40 личинками *Zophobas morio* в каждом). В качестве контрольного пищевого субстрата использованы овсяные хлопья.

Утилизацию полимерного материала оценивали по потере массы полимера за три недели. Изменение массы рассчитывали на одну особь за одни сутки. Таким образом, полученный результат представлял собой среднюю скорость потребления полимера одной личинкой. Проведена математическая обработка результатов эксперимента, относительная погрешность составила 0,032 %.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 1. По сравнению с потреблением овсяных хлопьев личинками *Zophobas morio*, потребление полимеров было более низким, что являлось ожидаемым.

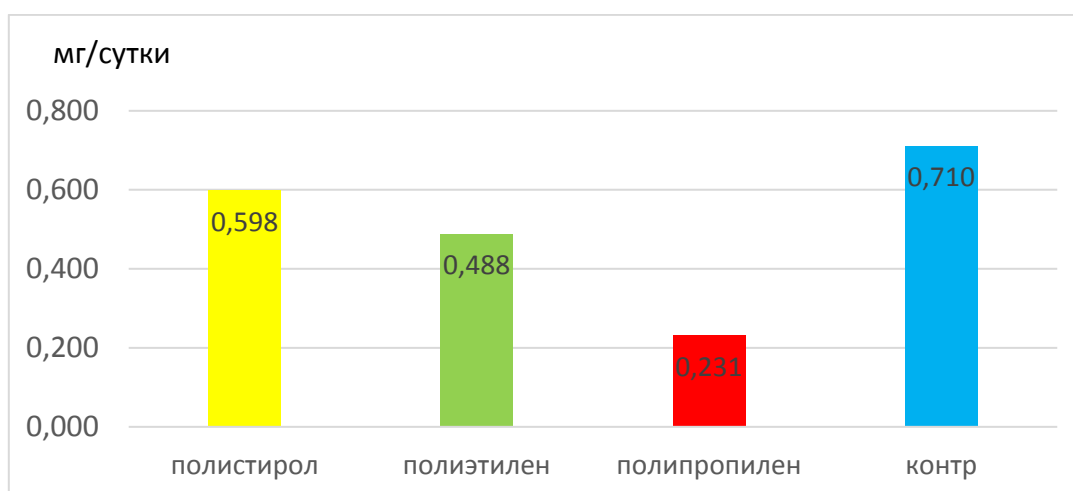


Рисунок 1 – Утилизация синтетических полимеров (толщина пленок ≤ 50 мкм) личинкой *Zophobas morio* (мг/сутки)

Среди испытанных полимерных материалов вспененный полистирол разрушается личинками *Zophobas morio* быстрее (0,598 мг/сутки), что связано с его низкой плотностью, обусловленной вспененным состоянием. Самая низкая скорость утилизации отмечена у пропилена – 0,231 мг/сутки.

ИК-анализ органических остатков жизнедеятельности показал, что они содержат большое количество окисленных веществ, при этом в их составе не выявлено отдельных фрагментов полимерных материалов (рисунок 2). Отметим, что спектры остатков жизнедеятельности личинок

Zophobas morio, питающихся разными полимерными материалами (полиэтилен, полипропилен, полистирол), являлись практически одинаковыми.

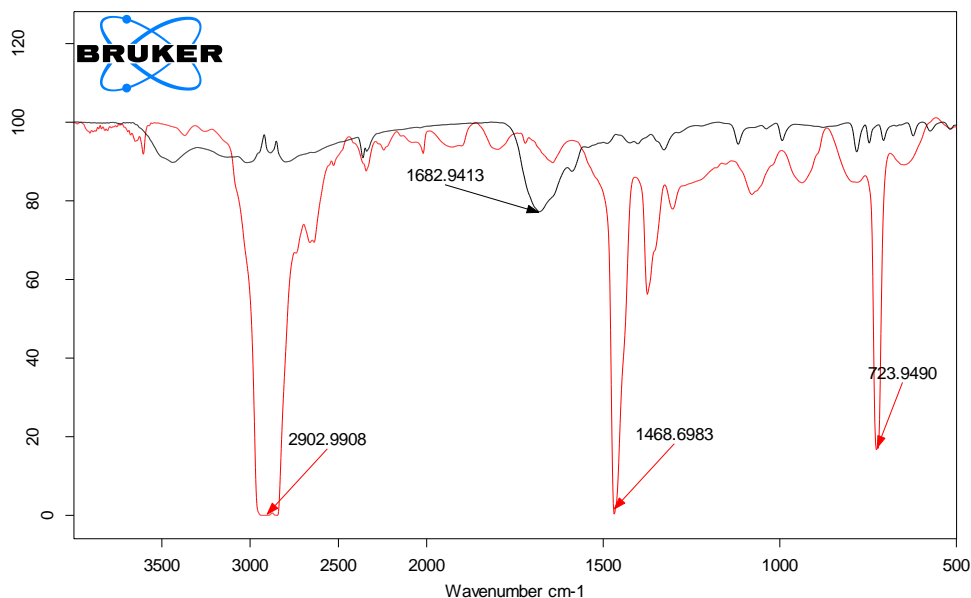


Рисунок 2 – ИК-спектры исходного полиэтилена (спектр А) и продуктов жизнедеятельности личинок *Zophobas morio*, питающихся пленками полиэтилена (спектр Б)

Изучено влияние органических добавок аскорбиновая кислота (3 %) и лигнин (7 %) на эффективность утилизации полиэтилена, данные представлены на рисунке 3.

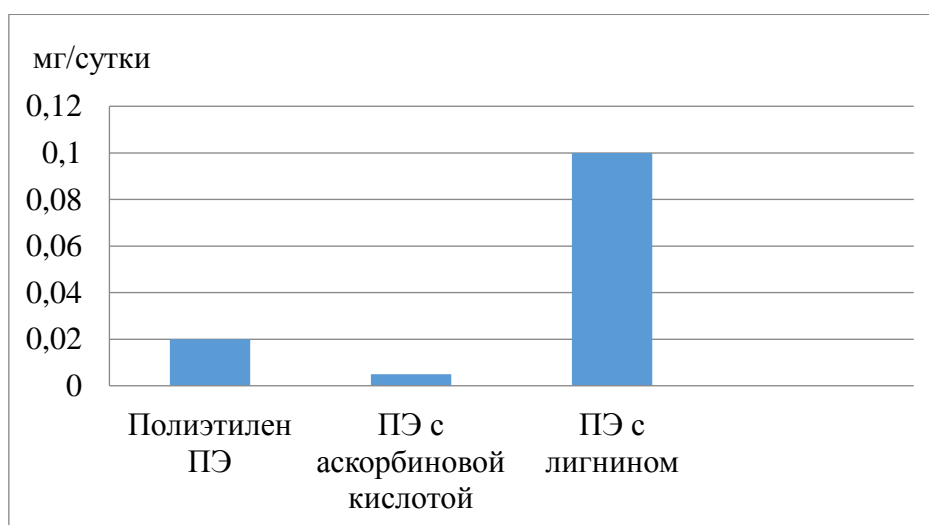


Рисунок 3 – Утилизация полиэтилена (толщина пленок 100 мкм) с добавками личинкой *Zophobas morio* (мг/сутки)

Добавка лигнина в пять раз увеличивала утилизацию полиэтилена – усвоение лигнинсодержащих полиэтиленовых пленок одной личинкой происходило со скоростью 0,1 мг/сутки, по сравнению со скоростью усвоения чистого полимера – 0,02 мг/сутки. Добавка аскорбиновой кислоты, напротив, снижала потребление полимера личинками *Zophobas morio*.

Отметим, что увеличение толщины пленок полиэтилена привело к значительному снижению скорости потребления материала. Тонкие пленки полиэтилена (50 мкм) личинки утилизировали со скоростью 0,488 мг/сутки (рисунок 1), толстые пленки (100 мкм) в 24 раза медленнее – со скоростью 0,02 мг/сутки (рисунок 3).

Таким образом, в работе показана объективная возможность биологической утилизации полимерных материалов с углерод-углеродной связью личинками *Zophobas morio*. Установлено, что увеличению скорости утилизации способствует малая толщина и низкая плотность материала (что достигается путем вспенивания материала). Экспериментально показано, что добавка лигнина (7 %) к полиэтилену увеличивает скорость его потребления личинками *Zophobas morio* в пять раз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьева, Е. В. Биоразлагаемые композиты на основе ископаемых видов сырья. Ч. 1. Стратегии получения, характерные свойства и развитие рынка (обзор) / Е. В. Воробьева, А. А. Попов // Полимер. материалы и технологии. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 6–24.

2. Biodegradation of polystyrene by dark (*Tenebrio obscurus*) and yellow (*Tenebrio molitor*) mealworms (Coleoptera: Tenebrionidae) / B. Y. Peng [et al.] // Environmental science & technology. – 2019. – Vol. 53, № 9. – P. 5256–5265.

3. Fat on plastic: Metabolic consequences of an LDPE diet in the fat body of the greater wax moth larvae (*Galleria mellonella*) / B. J. Cassone [et al.] // J. of Hazardous Materials. – 2022. – Vol. 425. – P. 127862.

[К содержанию](#)

УДК 685.5

Е. Д. ГОНЧАРЕВИЧ, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Состояние окружающей среды является одним из основных параметров, которые характеризуют качество жизни населения. В последние десятилетия наблюдается все более тесная взаимосвязь развития экономики с изменениями в окружающей среде, возрастает взаимное влияние как экологии на экономическое развитие, так и результатов хозяйственной деятельности на состояние природной среды [1].

Целью исследования является экологическая оценка и мониторинг выбросов загрязняющих веществ за период с 2018 по 2021 год в атмосферу предприятиями Брестской области.

Материалами для исследования служили данные акта инвентаризации о выбросах загрязняющих веществ, предоставленные предприятиями ОАО «Беловежский», ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», ОАО «АгроНива» по Брестской области за 2018–2021 годы. Применялись общие методы исследования: сравнение, описание, сравнительный анализ отчетности, статистическая обработка данных.

Для исследования были выбраны три позиции загрязняющих веществ: твердые частицы (пыль), оксид углерода (II) (CO), оксид азота (IV) (NO₂). На рисунке 1 представлены данные о количестве выбросов твердых частиц в атмосферный воздух за 2018–2021 годы.

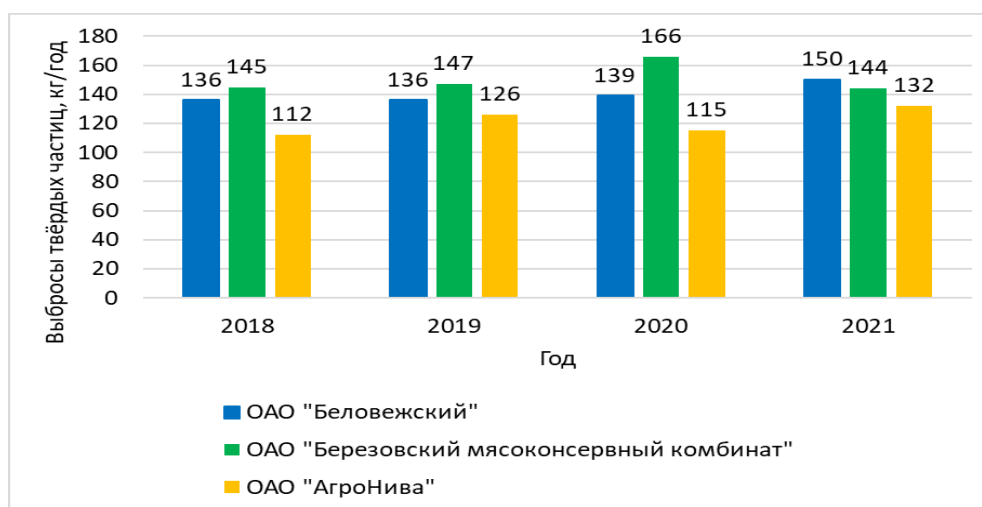


Рисунок 1 – Количество выбросов твердых частиц за 2018–2021 годы

В 2018–2019 годах количество поступивших в атмосферу твердых частиц ОАО «Березовского мясокомбината» составило 145 кг/год, в 2019 году этот показатель незначительно увеличился, что соответствует 1,38 %.

Резкое увеличение выбросов в атмосферу твердых частиц зафиксировано в 2020 году и составило 166 кг/год, что по сравнению с 2019 годом составило 12,92 %. После модернизации производства в 2021 году выбросы в атмосферу снизились и составили 144 кг/год.

С 2018 по 2021 год на предприятии «АгроНива» отмечается рост выбросов твердых частиц со 112 кг/год до 132 кг/год, что составляет 17,86 %.

В ОАО «Беловежский» наблюдается рост выбросов твердых веществ с 2020 по 2021 год (на 7,91 %). В целом наблюдается рост выбросов [2].

На рисунке 2 представлены данные о количестве выбросов оксида углерода (II) в атмосферный воздух в 2018–2021 годах.

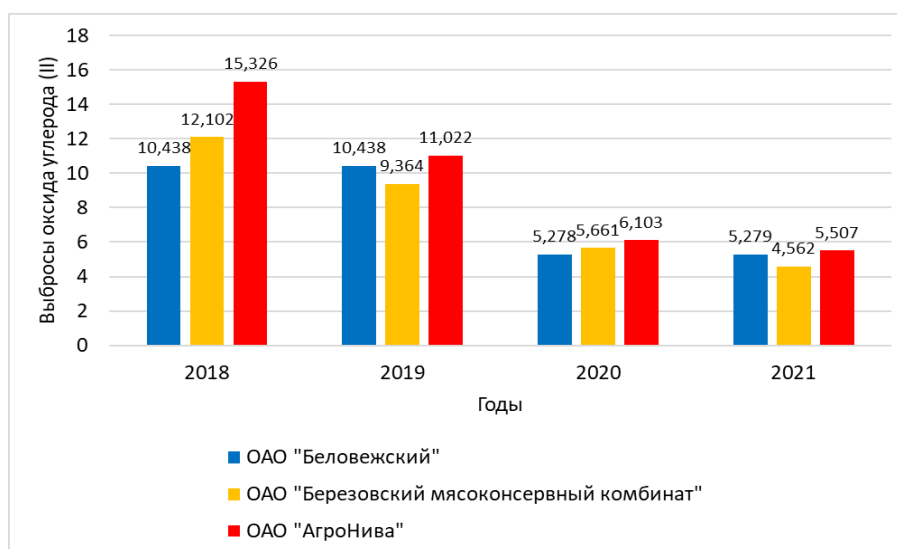


Рисунок 2 – Количество выбросов оксида углерода (II) в 2018–2021 годах

Выбросы углерод оксида (II) предприятием ОАО «Березовский МКК» имеют тенденцию к снижению. Самый высокий показатель был зафиксирован в 2018 году и составил 12,102 т/год. Постепенно уменьшение выбросов углерод оксида (II) было зафиксировано в периоды с 2019 по 2021 год, что связано с установкой очистительных сооружений. Показатель выбросов 2021 года составил 4,562 т/год (по сравнению с 2019 годом уменьшился на 51,28 %) [3].

Выбросы ОАО «АгроНива» с 2018 по 2021 год уменьшились с 15,326 т/год до 5,507 т/год – на 67,07 %. Это связано с установкой очистных фильтров и изменениями в технологических процессах производства.

В ОАО «Беловежский» наблюдаются те же тенденции к уменьшению. В 2018–2019 годах изменений в количестве выбросов не наблюдалось

(10,438 т/год). Однако с 2019 по 2020 год наблюдалось сокращение выбросов оксида углерода (II) с 10,438 т/год до 5,278 т/год – на 50,57 % [4].

На рисунке 3 представлены данные о количестве выбросов оксида азота (IV) в атмосферный воздух за 2018–2021 годы.

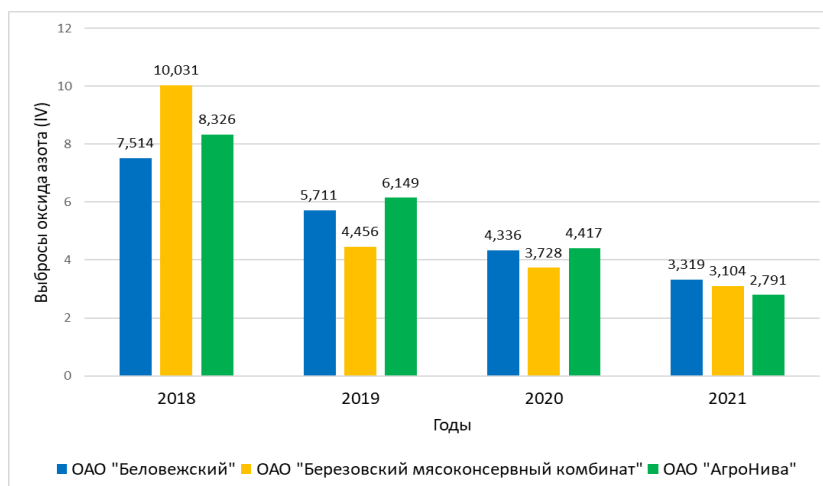


Рисунок 3 – Количество выбросов оксида азота (IV) в 2018–2021 годах

Следует отметить резкое уменьшение выбросов оксида азота (IV) в период с 2018 по 2019 год на исследуемых предприятиях.

Анализ динамики данных выбросов исследуемых предприятий за 2021 год представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Анализ динамики выбросов загрязняющих веществ в 2021 году

Достоверность значений по рассматриваемым показателям составляет оксид азота (IV) – $P = 0,0015 - 0,0039$ оксид углерода (II) – $P = 0,0012 - 0,0023$, твердые частицы (пыль) – $P = 0,0028 - 0,0037$.

Таким образом:

1. Проведен мониторинг и статистическая обработка количественных данных выбросов загрязняющих веществ: твердых частиц (пыль), оксида углерода (II), оксида азота (IV) – за 2018–2021 годы на предприятиях Брестской области ОАО «Беловежский», ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», ОАО «АгроНива».

2. Выявлено снижение количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу вышеназванными предприятиями за период с 2018 по 2021 год.

3. Установлено, что концентрация выбросов твердых частиц (пыль), оксида углерода (II), оксида азота (IV) в атмосферу за период с 2018 по 2021 год не превышает ПДК, и работа предприятий Брестской области ОАО «Беловежский», ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», ОАО «АгроНива» не представляет опасности для жизни и здоровья людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарные нормы и правила [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/documents/technicalacts/e123f1f23d4b3978.html>. – Дата доступа: 17.02.2023.

2. Гончаревич, Е. Д. Мониторинг загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятием ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат за период 2018–2021 гг.» / Е. Д. Гончаревич // Культурная и дикорастущая флора Белорусского Полесья : сб. материалов Респ. студен. науч.-практ. конф., Брест, 16 нояб. 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. В. Шкуратова, Н. М. Матусевич, М. В. Левковская. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 44–46.

3. Гончаревич, Е. Д. Анализ динамики выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятием ОАО «Беловежский» за период 2018–2021 гг. [Электронный ресурс] / Е. Д. Гончаревич // Мониторинг и охрана окружающей среды : электрон. сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, Брест, 25 марта 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: А. С. Домась [и др.]. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 47–50. – Режим доступа: <https://rep.brsu.by/handle/12345666789/7648>.

4. Гончаревич, Е. Д. Анализ степени загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота предприятием ОАО «Беловежский» / Е. Д. Гончаревич // Первый шаг в науку : материалы II Междунар. науч.-теорет. мед. конф. – Донецк : ГООВПО «ДОННМУ им. М. Горького», 2021. – С. 18–19.

[К содержанию](#)

УДК 581.1+546.4

**С. В. ГОРЕЛОВА¹, А. В. ГОРБУНОВ², О. И. ОКИНА²,
И. И. ЗИНЬКОВСКАЯ^{3,4}, М. С. ГИНС⁵**

¹Российская Федерация, Тула, ТулГУ

²Российская Федерация, Москва, ГИН РАН

³Российская Федерация, Дубна, ОИЯИ

⁴Romania, Bucharest – Magurele, Horia Hulubei National Institute
for R&D in Physics and Nuclear Engineering

⁵ФГБНУ «ФНЦО»

БИОАККУМУЛЯЦИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ УРБАНОЗЕМОВ С ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫМИ АНОМАЛИЯМИ *AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS* СОРТ КИЗЛЯРЕЦ

Проблема загрязнения почв контаминантами, основными из которых являются тяжелые металлы, является актуальной для всего мира и особенно актуальной в промышленно-развитых городских экосистемах, где уровни загрязнения почв токсичными элементами значительно превышают ПДК и ОДК, а почвы относятся к категории опасных и чрезвычайно опасных и становятся потенциально токсичными для человека и биоты [1; 2]. Увеличивающееся загрязнение почв существенно влияет на элементный химический состав растений [3–5]. В таких условиях важен подбор растений как для городского озеленения, так и для фиторемедиации почв, которые будут хорошо адаптированы к поли-элементным аномалиям.

Одним из таких растений является амарант печальный – *Amaranthus hypochondriacus*. Сорты амаранта *A. hypochondriacus* полезны для питания человека, поскольку имеют энергетическую, питательную, диетическую и медицинскую ценность. Органы амаранта содержат ряд необходимых человеку и животным органических веществ, таких как углеводы (моно- и дисахариды, пектин, пищевые волокна), антиоксиданты – фенольные кислоты, флавоноиды, витамины, белки, жиры и т. д. [6].

Для исследования был выбран сорт амаранта печального российской селекции Кизлярец, который включен в Государственный реестр Российской Федерации в 2001 году. В зависимости от условий выращивания растения данного сорта достигают высоты 1,25–1,7 м, имеют урожайность надземной массы 80–120 т/га. Вегетационный период на биомассу составляет 50–60 суток, на семена – 115–120 суток. Урожайность семян 20–30 ц/га. Сорт применяется как зерновое и овощное салатное растение, а также может применяться в озеленении.

В литературе показана возможность использования *A. hypochondriacus* как фиторемедианта на почвах, загрязненных Pb, Ni и Zn в условиях Кении [8]. Однако различия в генетических особенностях сортов, разные типы почв и загрязнителей требуют изучения адаптивных показателей и биоаккумулятивной активности отдельных сортов на измененных в городских условиях хемоземах.

Биоаккумулятивная способность амаранта изучалась в условиях вегетационного опыта в пластиковых кашпо объемом 2 л в условиях сплошного посева семян и последующего прореживания в возрасте 1,5 месяца. Для опыта использовали почвы санитарно-защитных зон (далее – СЗЗ) предприятий г. Тулы и автомагистрали. В качестве фоновой использовали серую лесную почву музея-усадьбы Л. Н. Толстого «Ясная поляна». Полив производили дистиллированной водой во избежание попадания в почву дополнительных загрязнений.

Почвы санитарно-защитной зоны Косогорского металлургического завода (КМЗ) (производство чугуна, ферромарганца) характеризовались превышением ПДК по Mn, Zn, Pb, высоким содержанием Fe. Почвы СЗЗ ПАО «Тулачермет» (производство чугуна, сталей, ванадия и хрома) характеризовались высоким содержанием железа, полиэлементными аномалиями по V, Cr, Ni, Cu (превышение ПДК и ОДК в 1,4–2,8 раза), Zn и As (в 3 раза). Концентрация нефтепродуктов в почвах Тулачермет была выше региональных значений в 4 раза. Почвы СЗЗ городской автомагистрали (проспекта Ленина) отличались высоким содержанием Mn и Cu, что может быть обусловлено воздушным и аэрозольным переносом элементов от КМЗ и предприятий оборонной промышленности.

Почва набережной (СЗЗ ТОЗ, автомагистрали) характеризовалась максимальным загрязнением: содержание нормируемых элементов 1–3 классов опасности Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, As, за исключением V, значительно превышало ПДК (ОДК). Содержание Fe превышало фоновые мировые значения и кларк элемента в земной коре. Помимо тяжелых металлов, в почвах набережной обнаружено высокое содержание нефтепродуктов. В фоновых почвах музея-усадьбы «Ясная Поляна» превышения содержания нормируемых элементов обнаружено не было.

Определение концентрации большинства микроэлементов в образцах растений проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в лаборатории химико-аналитических исследований Геологического института РАН. Дополняющим методом являлась атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС). При проведении ICP-MS использовали масс-спектрометр высокого разрешения Element2 (Thermo Fisher Scientific GmbH, Бремен, Германия), для ААС – Квант 2А (CORTEC, Россия). Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица – Содержание элементов в побегах *Amaranthus hypochondriacus* сорт Кизлярец на почвах с полиэлементными аномалиями, мг/кг сухой массы (ICP-MS, AAC)

Element	Pb	V	Cr	Co	Ni	Cu	As	Mn	Zn	Fe
Фон	1,01	2,74	1,75	0,58	0,6	10,0	0,27	31	67	1162
Тулачермет	1,39	1,64	2,63	0,19	1,6	9,2	0,12	67	42	839
КМЗ	1,10	1,66	2,33	0,24	1,4	6,3	0,32	81	34	898
Автомобильная магистраль	2,19	6,56	2,54	0,40	2,8	10,2	1,40	155	50	1700
Набережная	3,58	4,90	2,84	0,49	8,3	17,7	0,43	69	752	2290
Reference plant, [9]	1	0,5	1,50	0,20	1,5	10	0,10	200	50	150
ПДК (ОДК) для овощных культур	0,5	–	0,20	–	0,5	0,2	0,20	–	5	–

Аккумуляция Pb побегами амаранта сорта Кизлярец составляла 1–3,6 мг/кг сухой массы и на почвах СЗЗ автомагистрали и набережной была выше приведенных в литературе значений для вида на загрязненных Pb почвах (2,02, 1,97 мг/кг) [8], а также превышала токсичные для растения нормы [10; 11].

Аккумуляция V в побегах амаранта на почвах СЗЗ автомагистрали и набережной была максимальной и составила 6,6 и 4,9 мг/кг сухой массы соответственно (таблица). Эти значения находятся в пределах токсичных для растений доз и могут в конечном итоге приводить к токсическим эффектам, сопровождающимся снижением продуктивности растений на загрязненных почвах. Содержание Cr в побегах *A. hypochondriacus* Кизлярец на загрязненных почвах варьировало от 1,8 до 2,8 мг/кг сухой массы и было выше значений для Reference plant (RP), а также больше ПДК (ОДК) для овощных культур при расчете на сырую биомассу. Концентрация Co в побегах исследуемого сорта амаранта на почвах СЗЗ автомагистрали и набережной было в два раза выше значений для RP. Содержание Ni в побегах амаранта Кизлярец варьировало от 1,4 до 8,3 мг/кг сухой массы и повышалось на почвах набережной с 7-кратным превышением ПДК по Ni (285 мг/кг).

Аккумуляция Cu побегами амаранта Кизлярец на загрязненных элементом почвах СЗЗ автомагистрали и набережной составила 14,5–17,7 мг/кг сухой массы (таблица). Это высокие значения, превосходящие пороги токсических доз для растений и многократно превышающие ПДК

для овощных культур, что позволяет рекомендовать использование *A. hypochondriacus* для фиторемедиации почв от Cu, но исключает использование амаранта данного сорта как овощной культуры на загрязненных Cu почвах.

Содержание Mn в побегах амаранта варьировало от 17 до 155 мг/кг сухой массы и находилось в пределах нормы (норма 20–300 мг/кг [10]).

Видимые симптомы токсичности цинка проявляются при его концентрациях в растениях выше 300 мг/кг, но иногда возможны и при более низких концентрациях (100 мг/кг) [11]. Содержание Zn в побегах *A. hypochondriacus* Кизлярец варьировало от 34 до 752 мг/кг сухой массы и при превышении ПДК Zn в 40 раз в почве было выше токсичных для растений и человека доз (300–400 и 150–600 мг/кг). Фактор переноса элемента из почв в растение при этом составляет 0,16–0,19. Следует ожидать, что фиторемедиация почв с полиэлементными аномалиями и экстремальным содержанием Zn с участием *A. hypochondriacus* как фиторемедианта возможна за 6–8 лет.

Железо является ненормируемым элементом-загрязнителем всех опытных почв, содержание его выше кларка элемента в земной коре и в несколько раз выше мировых значений. Содержание элемента в побегах амаранта изученного сорта во всех случаях было выше токсических пределов для растений (500 мг/кг) и составило 840–2290 мг/кг. Вынос железа из почв побегами амаранта Кизлярец составлял 1298–4969 кг/га.

Таким образом, данная культура подходит для фиторемедиации почв от железа, меди и цинка, а также может быть использована для разработки препаратов, содержащих железо и цинк в органической форме для компенсации железодефицитных анемий и повышения иммунитета.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05257 «Техногенное загрязнение почв токсичными элементами и возможные методы его устранения».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко, В. А. Экологическая геохимия / В. А. Алексеенко. – М. : Логос, 2000. – 625 с.
2. Gorbunov, A. V. Toxic Elements in the Soils of Urban Ecosystems and Technogenic Sources of Pollution / A. V. Gorbunov, M. V. Frontasyeva, A. K. Sylina // WSEAS Transactions on Environment and Development. – 2020. – Vol. 16. – P. 608–618. – DOI:10.37394/232015.2020.16.62
3. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.

4. Титов, А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск : Карел. науч. центр РАН, 2014. – 194 с.

5. Биоаккумуляция химических элементов нетрадиционными овощными культурами на техногенно загрязненной территории Тульской области / С. В. Горелова [и др.] // Агрехимия. – 2009. – № 9. – С. 76–87.

6. Кононков, П. Ф. Амарант – перспективная культура XXI века / П. Ф. Кононков, В. К. Гинс, М. С. Гинс. – М. : РУДН, 1999. – 296 с.

7. Шевякова, Н. И. Фиторемедиационный потенциал *Amaranthus hybrids*: антагонизм между никелем и цинком и хелатирующая роль полиаминов / Н. И. Шевякова, А. И. Черемисина, В. В. Кузнецов // Физиология растений. – 2011. – № 58. – С. 634–642.

8. Landry, Nanga Nzanga. Evaluation of sphagneticola trilobata and amaranthus hypochondriacus on the phytoremediation of soils polluted by heavy metals / N. N. Landry, M. Alfred, B. K. Kakoi // International J. of Advanced Technology and Engineering Exploration. – 2021. – Vol. 8 (84). – P. 1490–1500.

9. Markert, B. Establishing of «reference plant» for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting / B. Marker // Water, Air and Soil Pollution. – 1992. – Vol. 64. – P. 533–538.

10. Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. – 3rd ed. – CRC Press, 2001. – 432 p.

11. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы высших растений / Н. П. Битюцкий. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2011. – 368 с.

[К содержанию](#)

УДК 577.19

Д. П. ГРИЦУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ПОЛИСЦИАС (*POLYSCIAS SPP.*)

Растения являются неизменным источником биологически активных веществ (БАВ). Многие из соединений, используемых в фармацевтической, пищевой, парфюмерной и ветеринарной промышленности, выделяют из тканей дикорастущих, редких и исчезающих видов. Поэтому особый интерес представляет изучение проблемы рационального использования природных ресурсов и культивирование растений в современной селекции.

Полискиас (*Polyscias* J. R. Forst) – род растений семейства Аралиевые (*Araliaceae* Juss.). Произрастают в Юго-Восточной Азии и на островах Индийского и Тихого океанов. Согласно контрольному списку представителей семейства Аралиевых, к роду *Polyscias* причисляют более 100 видов [1].

Представители вышеназванного рода на данный момент являются объектами изучения как традиционной, так и нетрадиционной медицины и фармакологии ввиду высокой биологической активности веществ, накапливаемых в вегетативных органах данных растений. Некоторые соединения, обладающие широким спектром биологической активности и содержащиеся в листьях полискиаса, являются одними из перспективных в современной биохимии и биотехнологии. Подобные соединения оказывают специфическое действие на сердечно-сосудистую и центральную нервную системы, повышают когнитивную деятельность, стимулируют иммунную систему, вызывая индукцию интерферона, а также обладают иммуномодулирующим, противоопухолевым, антиоксидантным и антивирусным действиями [2].

Препараты полискиаса назначаются как эффективные средства, стимулирующие физическую работоспособность, процессы ранозаживления, лактации, устойчивость организма к инфекционным болезням, а также в комплексной терапии ревматических заболеваний и невралгии [3].

Вследствие этого выращивание отдельных представителей рода *Polyscias*, с последующим накоплением опыта в плане создания культур клеток и тканей, являются одними из перспективных направлений развития тандема биотехнологии и фармакологии на территории Республики Беларусь. В наших широтах ни один из видов полискиаса не произрастает. Однако в Брестской области полискиас возможно выращивать в оранжерейных и тепличных условиях.

Литературные данные о компонентном составе фенольных соединений представителей рода *Polyscias* носят фрагментарный характер. В составе экстрактов вегетативной массы выявлено наличие спирто- и водорастворимых веществ, крахмала, свободных аминокислот, сахаров, тритерпеновых сапонинов, олеаноловых гликозидов и свободной олеаноловой кислоты. Существенным является установление факта высокого содержания в экстрактах полискиас б-ситостерина, также известного широким спектром благоприятных эффектов [4; 5].

Перспективной является разработка методик подобных исследований для представителей рода *Polyscias*, что поспособствует накоплению знаний о спектре фенольных соединений в плодах, листьях и корнях и предоставит полезную информацию для отраслей, заинтересованных

в производстве биологически активных добавок на основе этих растений. Также благодаря разработкам ученых Института физиологии растений РАН имени К. А. Тимирязева и Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии, из корня полисциаса кустарникового (*Polyscias fruticose* L.) выделен штамм, который можно выращивать *in vitro* и получать требуемые количества биомассы культуры ткани этого растения [4].

С целью попытки понять механизм действия биологически активных веществ растительного происхождения, которые способны бороться с различными заболеваниями и их последствиями вследствие антирадикального окисления, разработан целый ряд исследований по изучению антиоксидантной активности фенольных соединений полисциаса [2].

Так как листья можно собирать каждый вегетационный период, то важным аспектом является оценка уровня и сезонных изменений антиоксидантной активности в листьях с различным возрастом растения для заготовок сырья в перспективе.

В качестве объектов исследования нами были использованы листья *Polyscias* трех видов: полисциаса кустарникового (*P. Fruticose* L.), полисциаса курчавого (*P. Crispatum* L.) и полисциаса шлемовидного (*P. Scutellaria* L.). Образцы собирали с дочерних растений одной родительской особи и затем высушивали путем лиофилизации.

Для получения суммарного экстракта навеску воздушно-сухого порошка растительного сырья, предварительно растертого с небольшим количеством экстрагента, дважды экстрагировали 70 %-м этанолом (по объему) и настаивали в течение семи дней. Далее полученный экстракт подвергали исследованию.

Общее содержание фенольных соединений в экстрактах определяли спектрофотометрическим методом по реакции с реактивом Фолина. Для этого к 0,1 мл фильтрата приливали поэтапно 2,8 мл дистиллированной воды, 0,2 мл реактива Фолина и 0,8 мл 20 %-го раствора Na_2CO_3 . Спектрофотометрическое исследование проводили с использованием пластиковой кюветы при $\lambda = 765$ нм на аппарате Proscan MC 122. Общее количество фенольных соединений (ОКФС) рассчитывали в миллиграммах галловой кислоты (ГМ) на 100 г сырой навески растительного материала, учитывая линейную зависимость, при среднем $R^2 = 0,993$.

В результате проведенных исследований нами было установлено общее содержание фенольных соединений в экстрактах вегетативной массы исследуемых растений, которое составило 889,1–1101,9 мг ГК/100 г сырой навески (таблица).

Таблица – Общее количество фенольных соединений (ОКФС) в экстрактах полисциаса

Наименование вида	ОКФС, мг ГК/100 г сырой навески
<i>Polyscias fruticosa</i> L.	1101,9 ± 18,4
<i>Polyscias crispatum</i> L.	889,1 ± 14,9
<i>Polyscias scutellaria</i> L.	909,2 ± 17,1

Изученные растения по уменьшению содержания фенольных соединений экстрактов их вегетативной массы можно распределить следующим образом: *Polyscias fruticosa* > *Polyscias scutellaria* > *Polyscias crispatum*.

Исходя из сведений, представленных в литературных источниках, также можно сравнить уровень активности фенольных соединений экстрактов полисциаса с экстрактами других лекарственных растений, имеющих ярко выраженные антирадикальные свойства или имеющие полезные фармакологические характеристики [6].

Последующие исследования компонентного состава и антиоксидантной активности соединений представителей родов *Polyscias* имеют большой научный и практический потенциал, играют огромную роль в современной фармакологии для получения соединений с высокой антиоксидантной активностью, а также способствуют развитию биотехнологических разработок, направленных на промышленное внедрение выращивания культур клеток и тканей *in vitro*. Использование экстрактов растений полисциаса объективно может принести пользу фармацевтической промышленности, так как достаточно усредненный показатель антиоксидантной активности, связанный с общим количеством фенольных соединений, не способен нанести вред даже при использовании их в больших дозах и высоких концентрациях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang, H. W. Ginseng leaf-stem: Bioactive constituents and pharmacological functions / H. W. Wang, D. C. Peng, J. T. Xie // *Chin. Med.* – 2009. – Vol. 4. – P. 1–8.
2. Seog, H. M. Antioxidant activities of cultivated and wild Korean ginseng leaves / H. M. Seog, I. W. Choi, H. Y. Cho // *Food Chem.* – 2005. – Vol. 92. – P. 535–540.
3. Lee, L.-S. Hypolipidemic and Antioxidant Properties of Phenolic Compound-Rich Extracts from White Ginseng (*Panax ginseng*) in Cholesterol-Fed Rabbits / L.-S. Lee, C.-W. Cho // *Molecules.* – 2013. – Vol. 18. – P. 17381–17399.

4. Chung, I.-M. Comparative phenolic compound profiles and antioxidative activity of the fruit, leaves, and roots of Korean ginseng (*Panax ginseng* Meyer) according to cultivation years / I.-M. Chung, J.-J. Lim // J. Ginseng Research. – 2015. – Vol. 40. – P. 68–75.

5. Кочкин, Д. В. Качественный и количественный состав тритерпеновых гликозидов культур клеток *in vitro* представителей семейства Araliaceae (*Panax* spp., *Polyscias* spp.) / Д. В. Кочкин, А. М. Носов // Биология растительных клеток *in vitro* и биотехнология : материалы Международ. науч. конф., Казань, 14–16 окт. 2013 г. – Казань : Наука, 2013. – С. 45–46.

6. Ludwiczuk, A. Estimation of the chemical composition and antimicrobial and antioxidant activity of extracts received from leaves and roots of American ginseng / A. Ludwiczuk, T. Wolski // Herba Polonica – 2006. – Vol. 52. – № 4. – P. 79–90.

[К содержанию](#)

УДК 620.17:669.76

А. В. ДЕМИДЧИК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ СПЛАВА $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$ ИНДИЕМ И ГЕРМАНИЕМ НА МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНУЮ ТЕРМО-ЭДС

Сплавы Bi-Sb нашли применение в качестве термоэлектрических материалов, ввиду чего представляет интерес исследовать их электрические свойства. Свойства монокристаллических и поликристаллических образцов были изучены достаточно подробно, в то время как информации по быстрозатвердевшим сплавам недостаточно. Цель настоящей работы – исследование влияния легирования третьим компонентом на магнетосопротивление (обозначение β на рисунках 1, 3 и 5) и дифференциальную термо-ЭДС (обозначение α на рисунках 2, 4 и 6) фольг сплава на основе $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$. В качестве третьего компонента выбирались химические элементы III и IV группы периодической системы химических элементов: галлий, германий, индий и олово (в настоящей работе представлены результаты по индию и германию).

Образцы фольг получались путем затвердевания расплава на внешней отполированной поверхности вращающегося медного цилиндра. Для исследования выбирались фольги толщиной 20–40 мкм.

Для бинарного сплава, как видно из рисунков 1 и 2, с повышением температуры от 77 К до 270 К наблюдается монотонное уменьшение

магнетосопротивления и абсолютного значения дифференциальной термо-ЭДС, при этом последняя упомянутая величина отрицательна во всем температурном интервале. Монокристаллы исследуемого сплава имеют меньшее значение дифференциальной термо-ЭДС, чем фольги того же состава, что может быть обусловлено неоднородностью распределения компонентов в монокристалле. В сплавах Vi-Sb концентрации электронов и дырок совпадают, а подвижность электронов превышает подвижность дырок. Расчеты показывают, что подвижности электронов при 77 К и 280 К в 2–3 раза превышают подвижности дырок. Этим объясняется отрицательное значение дифференциальной термо-ЭДС.

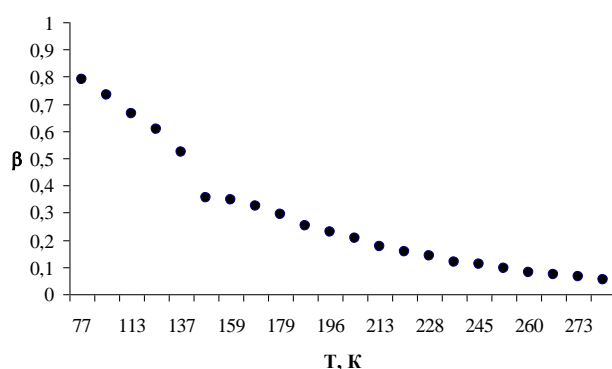


Рисунок 1 – Температурная зависимость магнетосопротивления фольги бинарного сплава $Vi_{0,89}Sb_{0,11}$

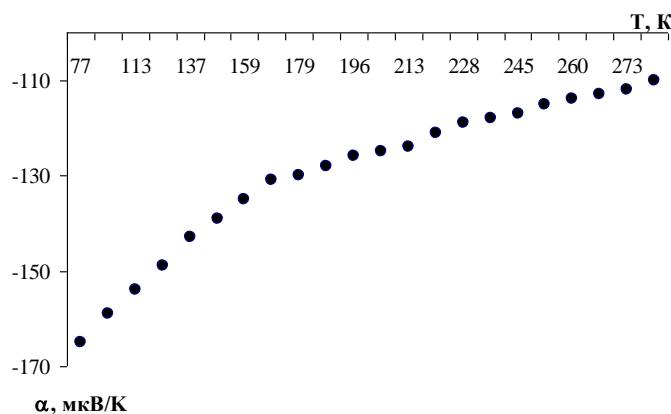


Рисунок 2 – Температурная зависимость дифференциальной термо-ЭДС фольги бинарного сплава $Vi_{0,89}Sb_{0,11}$

Из рисунков 3–5 видно, что для тройных сплавов магнетосопротивление практически не изменяется от 77 К до 270 К. Его величина на порядок меньше, чем у бинарных сплавов. Дифференциальная термо-ЭДС ниже температуры около 160 К положительна, выше этой температуры – отрицательна (рисунок 4, б).

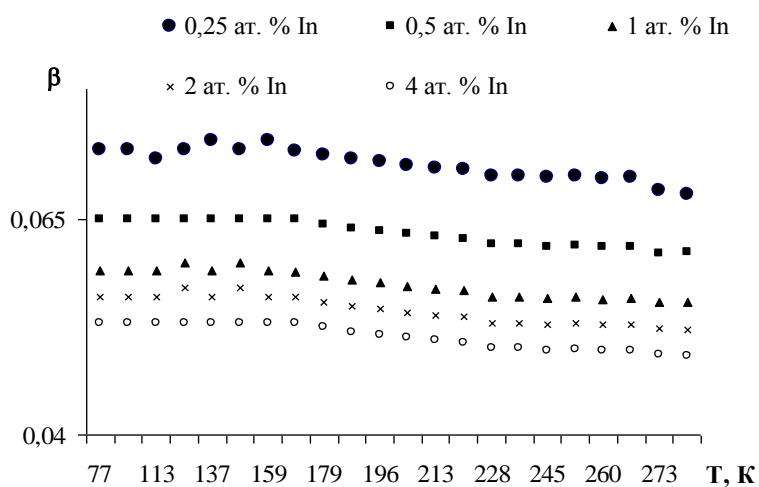


Рисунок 3 – Температурная зависимость магнетосопротивления фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного индием

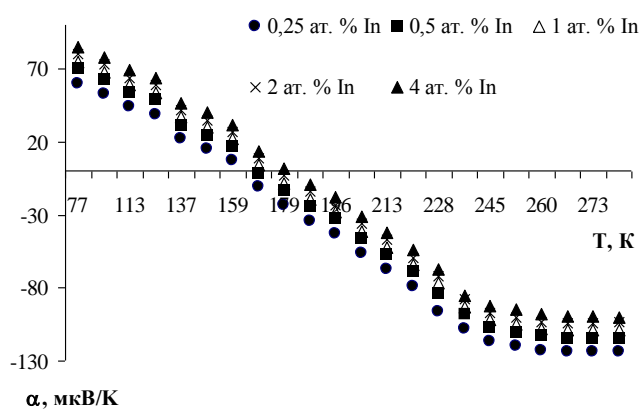


Рисунок 4 – Температурная зависимость дифференциальной термо-ЭДС фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного индием

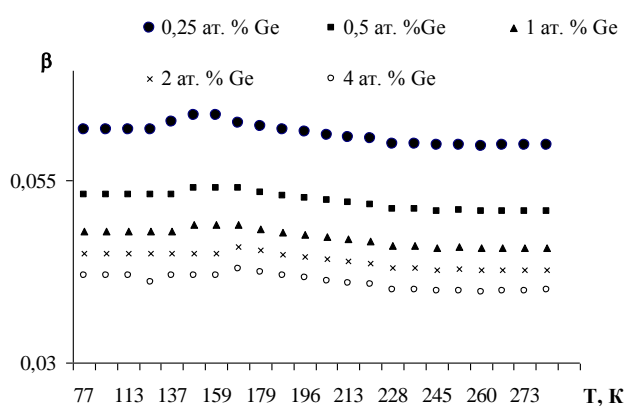


Рисунок 5 – Температурная зависимость магнетосопротивления фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного германием

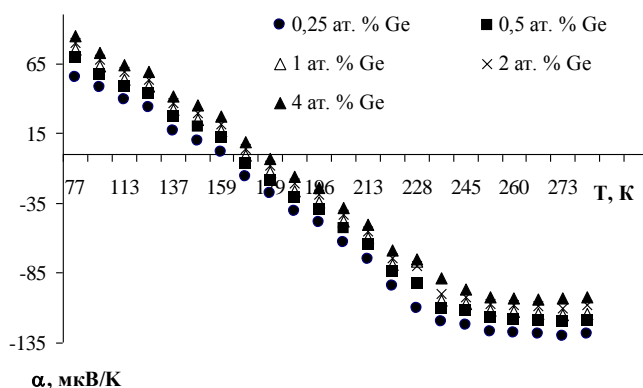


Рисунок 6 – Температурная зависимость дифференциальной термо-ЭДС фольги сплава на основе $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, легированного германием

[К содержанию](#)

УДК 556.012:004.031.42

А. А. ИГНАТЧУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ В ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ Г. БРЕСТА

Введение. В формировании экологической среды города и других населенных пунктов одним из важнейших факторов для устойчивого развития являются как подземные воды, которые находятся в толще нашей планеты, питаются за счет атмосферных осадков, так и поверхностные воды. Вода как компонент природы является одним из важнейших ресурсов для удовлетворения потребностей человека, в сельском хозяйстве, рекреации и промышленности. Продолжительность и качество наших жизней и другие блага зависят от качества вод (как поверхностных, так и подземных). Поверхностные и подземные воды, подвергающиеся сильному антропогенному воздействию, имеют наибольшие некачественные характеристики, могут спровоцировать развитие различных болезней. Обеспечение населения качественной питьевой водой является приоритетной социально-экологической проблемой Республики Беларусь. В настоящее время во многих населенных пунктах, в том числе в городских, значительная часть населения, проживающая в домах усадебного типа, пользуется подземными водами как для питьевого водоснабжения, так и для полива приусадебных участков. В то же время данные воды характеризуются самым разным содержанием химических элементов и их качество часто не известно пользователям.

Таким образом, исследования, направленные на изучение качества подземных и поверхностных вод, имеют значимую актуальность, в том числе в пределах городской территории.

Материал и методика исследования. В данном исследовании приводятся результаты изучения качества поверхностных и подземных вод г. Бреста с использованием ГИС-технологий на примере оценки содержания нитратов в водотоках города (реках и каналах) и подземных водах (колодцах усадебного сектора).

Нитраты – это соли азотной кислоты, которые могут оказывать токсичное воздействие на организм. Нитраты в воде, как правило, являются результатом попадания в источники водоснабжения стоков промышленных предприятий или азотосодержащих удобрений с полей. Нитраты способствуют развитию патогенной кишечной микрофлоры, которая выделяет в организм человека токсины, в результате чего происходит отравление организма.

Цель исследования – изучить количество поверхностных (реки и каналы) и подземных (колодцы) вод Бреста по показателям содержания нитратов в воде и их соотношения с ПДК.

Для проведения исследования на его разных этапах широко применялись возможности облачной платформы картографирования ArcGIS Online, которая является готовой ГИС, где можно хранить и опубликовывать свои пространственные данные, пользоваться различными инструментами, сервисами и картами. Для выполнения исследования с использованием ГИС-технологий применялась методика, представленная в [1].

Изучения количества нитратов в колодцах г. Бреста и изучение качества поверхностных вод проводилось в летний период. Территория исследования занимает большую часть Ленинского района, небольшая часть располагается в Московском районе. Затрагивались такие микрорайоны города, как Волынка-Гершоны, Граевка, Киевка, Речица и Ковалево.

Места отбора проб воды в поверхностных водотоках – Мухавец, Лесная, Западный Буг и в двух каналах – Гребной и Обводной канал Брестской крепости. Три главные реки города и два канала. Территория занимает небольшую часть Ленинского района, основная часть в Московском районе. Затрагивались такие микрорайоны, как Центр, Катин Бор, Шпановичи, Тришин, Ковалево, Восток. Места расположены последовательно, в горизонтальном направлении.

Для выполнения данного исследования существует большое количество разнообразных тестовых систем, которые используются и на данный момент. Они легко используются в практической части исследования, ими могут пользоваться люди разных возрастов, отличаются друг от друга эти системы по типу использования и количеству оцениваемых показателей, необходимому количеству образца воды.

В настоящем исследовании применялись три тестовые системы:

1. *Портативные лаборатории «Пчелка»*. Это мини-экспресс-лаборатории с разным набором комплектов. Для оценки качества вод в данной лаборатории присутствуют тест-полоски, которые можно использовать для определения активного хлора, железа, меди, никеля, нитратов, нитритов, сульфидов, хроматов и кислотности. Главным преимуществом данной системы является индивидуальность тест-систем, вы можете приобрести как весь пакет, так и отдельные тесты, которые вам необходимы, в нашем случае только нитраты.

2. *Набор тестов для воды «Нилпа»*. Капельные индикаторы, которые необходимо добавлять в образцы воды. Особенность данной системы – длительный период ожидания проявления тестов и большой объем образца воды, по сравнению с полосками, имеется специфический запах отдельных реагентов. Данный набор представлен в нескольких вариантах по количеству оцениваемых характеристик (4, 8, 10).

3. Набор тест-полосок фирмы «*Water Test*», которые можно использовать для проверки качества воды в домашних условиях для определения 17 разных характеристик (кислотность, общая щелочность, нитраты, нитриты, общий хлор, остаточный свободный хлор, жесткость, ртуть, медь, бром, хром, свинец, железо, фториды, карбонаты, циануровая кислота).

Результаты и их обсуждение. К настоящему времени с использованием данных систем были взяты пробы из 48 колодцев г. Бреста.

Наибольшее количество колодцев характеризуются содержанием нитратов со значением 50–100 мг/л, получены они в 18 колодцах из 48. Также по общим показателям нитратов можно увидеть, что в десяти местах отбора (колодцы) показатель нитратов составляет 0 мг/л. Данные образцы были отобраны в микрорайонах Граевка и Волынка-Гершоны, на Свято-Афанасьевской, Озерной, Железнодорожной, Северной и Карвата улицах. В девяти колодцах показатели характеризуются 25–50 мг/л, в микрорайоне Ковалево, на таких улицах, как Заречная, Кобринская и Путевая. Показатели 10–25 мг/л нитратов были получены в шести местах отбора, также в двух микрорайонах – Волынка-Гершоны и Граевка, но уже на несколько других улицах, например улица Гершонская (таблица 1).

Показатели нитратов со значением 100–250 мг/л были выявлены только в пяти колодцах, в том числе в таких микрорайонах, как Киевка и Речица. Показателей 250–500 мг/л не было выявлено.

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [2] для подземных вод ПДК содержания нитратов в колодцах составляет не более 45 мг/л. Таким образом, если проанализировать полученные нами данные по г. Бресту, то ниже ПДК насчитывается в 25 местах отбора, выше ПДК – 23 колодца.

Таблица 1 – Группировка результатов изучения содержания нитратов в подземных водах Бреста

Уровень концентрации нитратов	Количество проб воды	Удельный вес колодцев
0 мг/л	10	20,8 %
10–25 мг/л	6	12,5 %
25–50 мг/л	9	18,75 %
50–100 мг/л	18	37,5 %
100–250 мг/л	5	10,42 %
250–500 мг/л	0	0 %

Показатели нитратов в поверхностных водах г. Бреста отбирались при помощи системы *Water test*, для них характерно пять образцов, они имеют показатели нитратов 0–10 мг/л. Данные образцы были отобраны на р. Лесной, а также в центре р. Мухавец, из каналов выделяется правая сторона Гребного канала. Для десяти образцов характерны показатели более 10 мг/л, в основном это образцы, отобранные на р. Мухавец в восточной и западной части города, р. Западный Буг, обводном канале Брестской крепости и левой стороне Гребного канала (таблица 2).

Таблица 2 – Группировка результатов изучения содержания нитратов в поверхностных водах Бреста

Уровень концентрации нитратов	Количество проб воды	Удельный вес
0 мг/л	5	33 %
0,1–10 мг/л	10	67 %

Все образцы поверхностных вод характеризуются ПДК нитратов в пределах нормы. Данные образцы были отобраны на р. Мухавец в восточной и западной части города, р. Западный Буг, р. Лесной и обводном канале Брестской крепости, а также на всех сторонах Гребного канала

Заключение. Таким образом, была изучена характеристика нитратов в колодцах г. Бреста, выполнена оценка качества поверхностных вод Бреста на примере его водотоков, по показателям нитратов в воде. Следует отметить, что во всех образцах воды поверхностных водотоков уровни содержания нитратов не превышают ПДК, почти 48 % полученных образцов превышают ПДК по содержанию нитратов в подземных водах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (студенческий грант на 2023 год).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волынчиц, А. Л. Возможности применения приложений ArcGIS Online для изучения качества подземных вод Бреста [Электронный ресурс] / А. Л. Волынчиц, С. М. Токарчук // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 17 нояб. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – С. 72–78.

2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 18.02.2023.

[К содержанию](#)

УДК 691.335

А. В. КАКЛЮГИН, Л. И. КАСТОРНЫХ

Российская Федерация, Ростов-на-Дону, ДГТУ

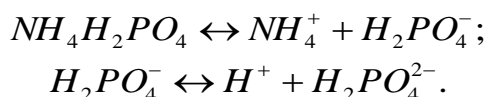
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ
ХИМВОДОПОДГОТОВКИ В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОГО
МОДИФИКАТОРА ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО**

Конструкционные и отделочные строительные гипсовые изделия, изготавливаемые уплотнением формовочных смесей прессованием, выгодно отличаются от аналогичных материалов, формируемых методами литья и вибрации, высокой механической прочностью, а также возможностью исключения из производственного процесса длительной и энергозатратной искусственной сушки [1]. Однако прессование в настоящее время имеет ограниченное применение в технологии производства гипсовых и гипсобетонных изделий. Это объясняется, с одной стороны, повышенным расходом гипсового вяжущего на 1 м³ прессованного гипсобетона, а с другой – его низкой водостойкостью.

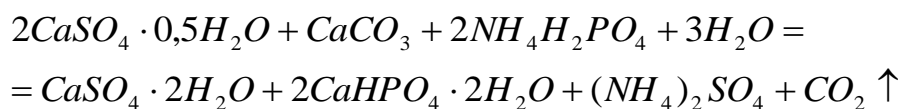
Результаты наших исследований показали возможность устранения указанных недостатков за счет модификации низкообжигового гипсового вяжущего β -модификации и структуры прессованных материалов на его основе, тонкодисперсным наполнителем из вторичного ресурса – высушенных шламовых отходов химводоподготовки тепло-электростанций. Эти крупнотоннажные отходы образуются в результате умягчения природных вод гашеной известью и содой. Содержащиеся в воде гидрокарбонаты кальция и магния в процессе водоподготовки переходят в нерастворимый осадок. После осаждения и фильтрации десятки тонн образующихся шламовых отходов выбрасываются в отвалы [2–4].

Используемый в составе исследованных формовочных смесей наполнитель представляет собой порошок желтоватого цвета с удельной поверхностью 780 м²/кг, состоящий, согласно данным химического и ряда физико-химических анализов, на 75 % из карбоната кальция. Такой тонкодисперсный карбонатный наполнитель способен оказывать модифицирующее действие на физико-химические процессы твердения гипсового вяжущего и структуру получаемых прессованных композитов. В гипсовых смесях с малым водосодержанием гидратация вяжущего вещества будет происходить не только за счет свободной несвязанной воды затворения, но в дальнейшем, по мере ее расходования, и за счет воды адсорбированной зернами наполнителя. Гидратные новообразования, размещаясь в дефектах структуры материала, обеспечивают уменьшение его открытой пористости, повышению прочности и водостойкости [5].

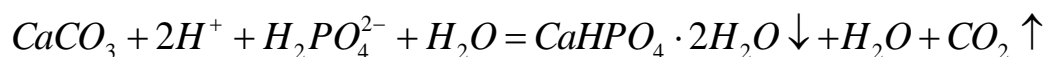
С целью повышения водостойкости гипсобетона в составе комплексного модификатора также использовали однозамещенный фосфат аммония $NH_4H_2PO_4$. Данная соль образуется в результате нейтрализации ортофосфорной кислоты аммиаком и широко применяется в сельском хозяйстве в качестве минерального удобрения. В водных растворах однозамещенный фосфат аммония образует слабокислую среду с рН = 3,8. Это обусловлено тем, что наряду с гидролизом этой соли в растворе происходит диссоциация дигидрофосфат иона $H_2PO_4^-$, которая преобладает над процессом гидролиза:



Химическое взаимодействие добавки с сульфатом кальция гипсового вяжущего и карбонатом кальция наполнителя обеспечивает образование труднорастворимых соединений, в том числе в виде экранирующих защитных пленок на кристаллах возникающих гидратных новообразований. Протекающие химические превращения можно представить уравнением:



Образование дигидрата дикальцийфосфата $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ (брушита) возможно также в результате взаимодействия карбоната кальция наполнителя с ионами H^+ и $H_2PO_4^{2-}$ добавки однозамещенного фосфата аммония по схеме:



Брушит является изоморфным с гипсом, но обладает по сравнению с ним в 10 раз меньшей растворимостью и изменяет характер кристаллизационной структуры прессованного материала. Образование этого соединения доказано методами рентгенофазового и дериватографического анализов, а также инфракрасной спектроскопии. Пленки из труднорастворимого дигидрата дикальцийфосфата на элементах кристаллизационной структуры материала оказывают на нее дополнительное цементирующее действие, обеспечивая повышение прочности и водостойкости [5].

Для оценки влияния комплексного модификатора, состоящего из карбонатсодержащего наполнителя и однозамещенного фосфата аммония, на свойства искусственного прессованного материала приготавливали композиционные вяжущие, в которых до 60 % гипсового вяжущего заменяли наполнителем. Смесь сухих компонентов в процессе перемешивания затворяли водным раствором однозамещенного фосфата аммония. При этом расход добавки изменяли от 0 до 3 % от массы композиционных вяжущих, а водотвердое отношение от 0,17 до 0,2. Приготовление исследуемых сырьевых смесей осуществляли на лабораторном бегунковом смесителе. Продолжительность перемешивания увлажненной формовочной смеси устанавливали опытным путем и варьировали в пределах от 2 до 20 минут [6].

Физико-механические характеристики получаемого материала определяли по стандартным и общепринятым методикам на образцах-цилиндрах высотой и диаметром 50,5 мм, изготавливаемых прессованием под давлением от 20 до 60 МПа в специальных пресс-формах. Контрольные образцы твердели в воздушно-сухих условиях в течение трех суток. Перед испытанием образцы высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$. После этого половину образцов каждой серии погружали в воду на 48 ч. Высушенные и водонасыщенные образцы испытывали на предел прочности при сжатии. По полученным результатам определяли коэффициент размягчения материала как отношение его прочности на сжатие в водонасыщенном и сухом состоянии.

На основании результатов испытаний контрольных образцов установлено, что прессованные изделия с повышенной водостойкостью (коэффициент размягчения более 0,6) могут быть получены при содержании в составе формовочных смесей для их изготовления от 20 до 60 % модифицирующего наполнителя совместно с 2 % однозамещенного фосфата аммония. При этом получение материала с равной водостойкостью может быть достигнуто как за счет изменения содержания наполнителя в его составе, так и за счет регулирования давления прессования. Так, материал с одинаковой степенью водостойкости в нашем случае был получен при содержании 20 % наполнителя и давлении уплотнения 30 МПа и при

содержании наполнителя 40 % и давлении 40 МПа. Наиболее высокими физико-механическими показателями (прочность на сжатие 45–65 МПа, коэффициент размягчения 0,65–0,70) обладают образцы, изготовленные из смесей, содержащих 60–80 % гипсового вяжущего, 20–40 % наполнителя и 2 % химической добавки.

Использование значительного количества наполнителя из шламовых отходов химводоподготовки теплоэлектростанций в составе формовочных смесей для получения прессованных гипсовых изделий позволяет отнести предлагаемый способ их производства к наилучшим доступным технологиям [7]. Это позволяет не только улучшить экологическую обстановку в районе расположения теплоэлектростанций и освободить отводимые под отвалы земли, но и обеспечить повышение водостойкости гипсовых изделий, а также снизить их стоимость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прессованные композиты на основе модифицированного гипсового вяжущего повышенной воздухоустойчивости / А. В. Каклюгин [и др.] // Строит. материалы. – 2020. – № 12. – С. 40–46. – DOI:10.31659/0585-430X-2020-787-12-40-46

2. Королев, В. И. Российский опыт применения отходов химводоподготовки в хозяйственной деятельности: перспективы использования при обработке осадков сточных вод (обзорная статья) / В. И. Королев, Э. Р. Зверева // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 47–62. – DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-6-47–62

3. Сеницин, Д. А. Оценка возможности применения промышленных отходов Республики Башкортостан в строительстве / Д. А. Сеницин, А. А. Парфенова, И. И. Курбанов // Проблемы строительного комплекса России : материалы XXVI Всерос. науч.-техн. конф., Уфа, 18 марта 2022 г. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2022. – С. 128–134.

4. Использование шламовых отходов в производстве материалов для строительства и рекультивации / В. Н. Пыстин [и др.] // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. XXIII Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 21–23 апр. 2022 г. : в 3 т. / Рос. ун-т дружбы народов. – М. : Изд-во РУДН, 2022. – Т. 2. – С. 210–214.

5. Зависимость водостойкости прессованных материалов на основе воздушных вяжущих веществ от величины открытой пористости / А. В. Каклюгин [и др.] // Изв. вузов. Инвестиции. Стр.-во. Недвижимость. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 68–75. – DOI:10.21285/2227-2917-2020-1-68-75

6. Сырьевая смесь для изготовления гипсовых изделий и способ ее приготовления : пат. 2078745 Рос. Федерация, МПК С 04 В 28/14/С 04 В 111:20 / А. В. Каклюгин, А. Н. Юндин ; заявители и патентообладатели

А. В. Каклюгин, А. Н. Юндин. – № 94027027/03 ; заявл. 18.07.1994 ; опубл. 10.05.1997 // Бюл. № 6. – 6 с.

7. Pressed Composites Based on Gypsum and Magnesia Binders Modified with Secondary Resources / A. Kaklyugin [et al.] // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 1011. – P. 52–58. – DOI:10.4038/www.scientific.net/MSF.1011.52

[К содержанию](#)

УДК 577.175.19

С. Э. КАРОЗА

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

АНАЛИЗ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ИОНОВ СВИНЦА И КОНЬЮГАТОВ ЭПИКАСТАСТЕРОНА С КИСЛОТАМИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)

Актуальность. Соединения свинца относятся к общепризнанным токсикантам растений, в том числе и сельскохозяйственных культур [1]. Для них характерны способность к биоаккумуляции и длительный период полувыведения. Ионы этого металла, проникая в растения через корневую систему, нарушают прежде всего ее функционирование, вызывая замедление роста корней, уменьшение их длины, количества и биомассы. Слабее соли свинца действуют на надземную часть растений, приводя к снижению высоты побега, уменьшению площади листовой пластинки и продуктивности. Однако минимизировать последствия действия на растения потенциально токсичных металлов возможно за счет применения регуляторов роста, проявляющих как ростстимулирующую, так и антистрессовую активность [2]. К этой группе относятся и brassinosteroids (БС), у которых были выявлены не только регуляторные, но и хорошо выраженные протекторные свойства по отношению ко многим стресс-факторам [3]. В проведенных нами ранее исследованиях на гречихе посевной была подтверждена рострегулирующая активность этих соединений и их способность изменять содержание фотосинтетических пигментов в лабораторных и полевых условиях. Е. Г. Артемук и А. А. Мариневич выявили препараты, обладающие антистрессовым и рострегулирующим действием на злаковых и бобовых культурах при токсическом влиянии соединений свинца и кадмия. Ю. А. Лысюк установила способность БС изменять содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях гречихи посевной

и повышать индекс толерантности этой культуры при действии тех же тяжелых металлов. Результаты всех исследований биологической активности БС, осуществленных в БрГУ имени А. С. Пушкина, отражены в монографии [4]. Однако сейчас в ИБОХ НАН Беларуси синтезированы новые соединения с потенциальной регуляторной и биологической активностью – конъюгаты БС с органическими кислотами, которые или являются гормонами растений, или обладают регуляторными свойствами. Исследования стресс-протекторной активности проводились ранее только для некоторых конъюгатов [5]. Поэтому анализ металлопротекторных свойств новых соединений является очень актуальным.

Цель – проанализировать совместное влияние ионов свинца с эпикастастероном и его конъюгатами на концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench).

Материалы и методы. Исследования проводили в лабораторных условиях на кафедре зоологии и генетики БрГУ имени А. С. Пушкина. В качестве тест-объекта использовали гречиху районированного для всех областей Республики Беларусь диплоидного сорта Влада (регистрационный № 2005128). В качестве объектов исследований использовали 24-эпикастастерон (ЭК), 2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31). Так как в ранее проведенных исследованиях уже были определены наиболее перспективные концентрации его конъюгатов с кислотами, то обработку семян методом замачивания на 5 часов проводили только в растворах с концентрациями 10^{-10} , 10^{-9} и 10^{-8} М. Семена высевали в подготовленный почвогрунт. В горшок сеяли по пять семян, на каждый вариант использовали четыре сосуда, и общее количество растений в варианте составляло 20 штук. Контроль поливали определенным объемом дистиллированной воды, а другие варианты – таким же объемом раствора нитрата свинца в концентрации 10^{-3} М. Гречиху выращивали в лабораторных условиях до цветения.

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 спектро-фотометре SOLAR CM2203 при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения определяемых пигментов в данном растворителе: $\lambda = 662, 644$ и $440,5$ нм в трехкратной повторности для каждого образца. Содержание пигментов рассчитывали по формулам

Ветштейна по стандартной методике [6]. Статистическую обработку полученных данных проводили в Microsoft Excel методами биологической статистики согласно П. Ф. Рокицкому [7].

Результаты и обсуждение. Использование раствора нитрата свинца вызвало значительное изменение содержания фотосинтетических пигментов. Содержание хлорофилла *a* снизилось очень существенно – на 24,3 %, хлорофилла *b* – несколько слабее, только на 9,3 %, соответственно, и суммарное содержание обоих пигментов уменьшилось на 16,79 %, при этом все различия с контролем были достоверными. Содержание каротиноидов, наоборот, увеличилось на 3,1 %, что, вероятно, является одним из механизмов компенсации снижения содержания хлорофилла, но это повышение отличалось от контроля недостоверно, и его явно недостаточно для полной нейтрализации отрицательного влияния нитрата свинца на общее количество фотосинтетических пигментов и сохранения интенсивности фотосинтеза на уровне контроля с водой.

В большинстве вариантов ЭК и его конъюгаты частично нивелировали влияние ионов свинца, но в некоторых вариантах оно было ниже, чем при действии только раствора нитрата свинца (рисунок 1).

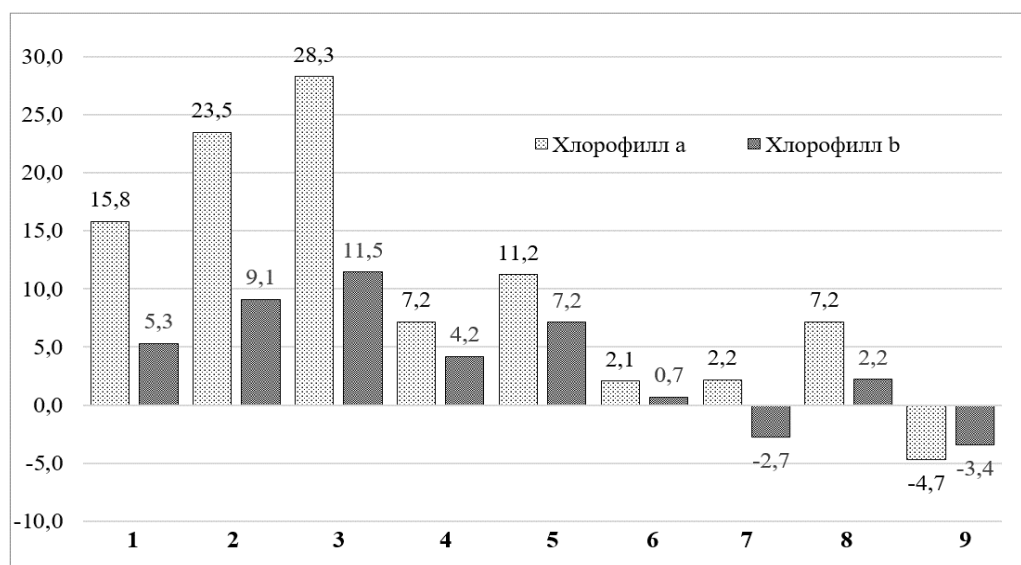


Рисунок 1 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на содержание хлорофиллов *a* и *b* (на массу) в листьях гречихи посевной сорта Влада в почвогрунте при совместном действии с раствором $Pb(NO_3)_2$ в концентрации 10^{-3} М, % относительно ионов свинца:
 1 – ЭК, 10^{-10} М; 2 – ЭК, 10^{-9} М; 3 – ЭК, 10^{-8} М; 4 – S23, 10^{-10} М; 5 – S23, 10^{-9} М; 6 – S23, 10^{-8} М; 7 – S31, 10^{-10} М; 8 – S31, 10^{-9} М; 9 – S31, 10^{-8} М

Протекторное действие ЭК оказал во всех используемых дозах, максимально – в концентрации 10^{-8} М, где содержание хлорофилла *a*

выросло на 28,32 %, а хлорофилла *b* – на 11,45 %. В варианте с S23 максимальное влияние было в варианте с концентрацией 10^{-9} М, где содержание хлорофилла *a* выросло на 11,24 %, а хлорофилла *b* – на 7,15 %. Раствор в концентрации 10^{-8} М действия на содержание хлорофиллов не оказал. В варианте с S31 при использовании раствора с концентрацией 10^{-10} М содержание хлорофилла *a* выросло на 2,18 %, а хлорофилла *b* – уменьшилось на 2,73 %. Раствор с максимальной концентрацией снижал количество хлорофилла на 4,72 и 3,43 % соответственно. В средней используемой дозе S31 вызывал повышение данных показателей.

Суммарное содержание обоих видов хлорофилла при действии ЭК при увеличении концентрации закономерно повышалось, достигая при максимальной дозе 39,77 % (рисунок 2). При обработке семян S23 эффект был более слабым, и самое большое увеличение этого показателя наблюдалось при использовании раствора с концентрацией 10^{-9} М (18,39 %). Применение раствора S31 в двух концентрациях дало отрицательный эффект, и только при использовании средней дозы – положительный (+ 9,37 %).

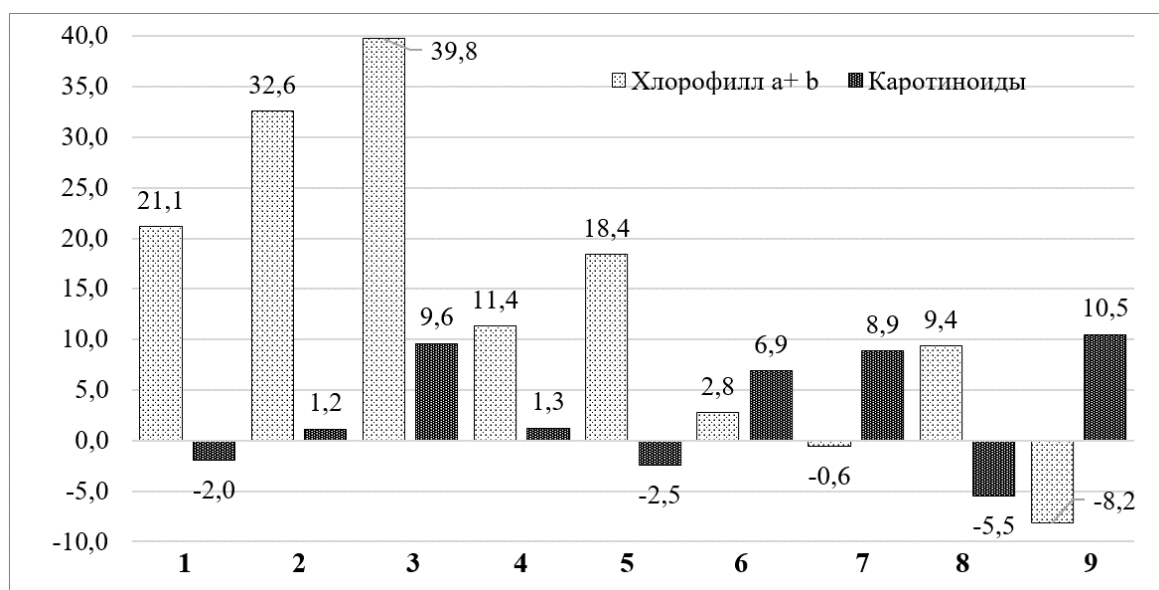


Рисунок 2 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов (на массу) в листьях гречихи посевной при совместном действии с раствором $Pb(NO_3)_2$ в концентрации 10^{-3} М, % относительно ионов свинца:

1 – ЭК, 10^{-10} М; 2 – ЭК, 10^{-9} М; 3 – ЭК, 10^{-8} М; 4 – S23, 10^{-10} М; 5 – S23, 10^{-9} М; 6 – S23, 10^{-8} М; 7 – S31, 10^{-10} М; 8 – S31, 10^{-9} М; 9 – S31, 10^{-8} М

Влияние ЭК и его конъюгатов на содержание каротиноидов было более слабым по сравнению с хлорофиллом (рисунок 2). Раствор ЭК в кон-

центрации 10^{-10} М незначительно и недостоверно снижал их содержание, а 10^{-9} М – очень незначительно увеличивал. При использовании максимальной дозы оно значимо повышалось (на 9,6 %) параллельно с максимальным повышением содержания хлорофилла. Применение раствора S23 в минимальной концентрации вызывало незначительное повышение значения этого показателя на 1,3 %, средней – аналогичное снижение, только в максимальной концентрации происходило его увеличение на 6,9 %, но эта разница также была недостоверной. Для S31 результаты были более ожидаемыми: при снижении содержания хлорофилла в минимальной и максимальной используемых дозах происходило повышение содержания каротиноидов на 8,9 и 10,5 %, но разница была достоверной только в последнем варианте. Раствор с концентрацией 10^{-9} М уменьшал количество каротиноидов на 5,5 % при увеличении содержания хлорофилла, но это различие было недостоверным. Таким образом, установить определенную, одинаковую для всех препаратов связь между содержанием хлорофилла и каротиноидов не удалось, так как в одних вариантах при увеличении количества хлорофилла содержание каротиноидов уменьшалось, а в других – параллельно увеличивалось содержание обоих видов пигментов, особенно существенно в варианте с ЭК в концентрации 10^{-8} М.

Заключение. Проведенные эксперименты позволяют сделать следующий вывод: наиболее выраженными металлопротекторными свойствами в отношении ионов свинца обладает эпикастастерон, а наиболее оптимальной является концентрация раствора 10^{-8} М. Слабее выражены эти свойства у S23, но оптимальной является более низкая концентрация – 10^{-9} М. Протекторное действие S31 было более слабым и менее однозначным.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дабахов, М. В. Тяжелые металлы: Экотоксикология и проблемы нормирования / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова. – Новгород : Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
2. Серегин, И. И. Возможность применения регуляторов роста для снижения негативного действия кадмия на рост, развитие и продуктивность яровой пшеницы / И. И. Серегин // Агрехимия. – 2004. – № 1. – С. 71–74.
3. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.

4. Биологическая активность брассиностероидов и стероидных гликозидов / С. Э. Кароза [и др.] ; под общ. ред. С. Э. Карозы ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2020. – 260 с.

5. Синтез и стресс-протекторное действие на растения конъюгатов брассиностероидов с салициловой кислотой / Р. П. Литвиновская [и др.] // Химия природ. соединений. – 2016. – № 3. – С. 394–398.

6. 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.

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

[К содержанию](#)

УДК 577.175.24

В. С. КАРПУШЕНКОВА, Я. В. ФАЛЕТРОВ, И. И. БОЙКО,

В. М. ШКУМАТОВ

Беларусь, Минск, БГУ

IN SILICO ОЦЕНКА ЭКДИЗОНА В КАЧЕСТВЕ ЛИГАНДА РЕЦЕПТОРОВ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ ЧЕЛОВЕКА

Экдизон – гормон стероидной природы, стимулирующий линьку у насекомых. Данное соединение, наряду с другими экдистероидами, входит в состав некоторых специализированных биологически активных добавок (БАД) к пище для спортсменов. В описании данной продукции упоминаются следующие биологические эффекты: анаболический – синтез сократительных белков мышечных клеток, антикатаболический – предотвращение распада белка, метаболический – ускорение сжигания жиров, влияние на углеводный обмен – снижение сахара в крови, ускорение компенсации гликогена после тренировки (см., например, https://eviro-sport.by/catalog/povyshenietestosterona/westpharm_test/861/; <https://shop.anabolichealth.com/pages/>; <https://5lb.ru/blog/anaboliki/ekdisteron-moshchnyy-stimul-dlya-vashego-anabolizma/>). Согласно этим же источникам, экдизон мягко стимулирует синтез гормона роста в гипофизе и повышает уровень свободного тестостерона за счет его высвобождения из комплекса с SHBG (глобулин, связывающий половые гормоны). Заявленные результаты приема БАД с экдизоном – повышение выносливости и силовых показателей, укрепление связок, суставов и сухожилий, перераспределение нутриентов в организме, нормализация показателей липидного обмена, снижение уровня сахара

в крови, улучшение работы печени, сердца, сосудов. Все указанные характеристики способствуют росту спроса на данную продукцию со стороны спортсменов.

В научной литературе описано, каким образом анаболический эффект эрдистероидов может быть опосредован его связыванием с эстрогеновыми рецепторами (ER) [1; 2]. Показано, что эрдистерон может оказывать сильный гипертрофический эффект на волокна камбаловидной мышцы крысы, превышающий таковой для метандиенона, эстрадиендиона и селективного модулятора андрогеновых рецепторов (SARM) S-1. Эксперименты по молекулярному докингу подтвердили опосредованное ER β действие эрдистерона [1]. Отмечается, однако, что за анаболические эффекты таких БАДов могут быть ответственны брассиностероиды и витамин А растений [3]. В [4] показано, что эрдизон проявляет аффиность к минералокортикоидным рецепторам и, таким образом, негативно влияет на работу почек. В работе [5] указывается большое число поданных в начале 2000-х годов патентов о возможных медицинских и косметических эффектах эрдистеродов. По данным всемирного антидопингового агентства WADA эрдистерон, структурный аналог эрдизона, внесен в список мониторинга на 2023 год в качестве анаболического агента в соревновательный и внесоревновательный период [6].

Согласно нашим данным, существует достаточно небольшое число научных публикаций, которые в деталях описывают перечень и механизмы реализации анаболического и других фармакологических эффектов эрдизона на организм человека, эффективность его действия в качестве анаболика и безопасность применения.

Современный метод расчетов *in silico*, известный как молекулярный докинг (моделирование взаимодействия низкомолекулярных веществ с белками), может быть применен для расчетно-теоретического анализа возможности взаимодействия эрдистероидов со стероидными рецепторами.

Целью нашего исследования стало проведение *in silico* молекулярного докинга эрдизона с множеством структур андрогеновых, эстрогеновых и глюкокортикоидных рецепторов, а также статистическая обработка полученных результатов. Для проведения, организации и анализа результатов докинга использовали оригинальную программу-помощник FYTdock [8] и программу-оператор Autodock Vina [9]. Файлы трехмерных структур белков были взяты из базы данных PDB. Оценивался параметр аффиности – автоматически рассчитываемая с помощью Autodock Vina энергия связывания ($E_{св}$, ккал/моль). При помощи FYTdock были организованы расчеты и получена информация об аминокислотном окружении (в таблицах указывалось только 16 остатков или меньше). Статистический анализ

проведен по величинам рассчитываемых энергий связывания с использованием программы Origin 2018.

Для *in silico* исследования биологической активности экдизона проведен докинг для выборки, содержащей 580 структур белков, отобранных из базы данных PDB. В качестве лигандов взяты экдизон; стероидные гормоны человека тестостерон и эстрадиол, гидрокортизон в качестве контрольных соединений (рисунок).

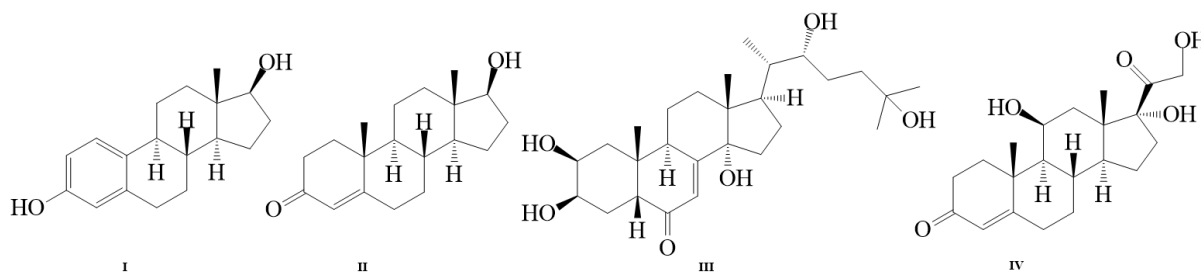


Рисунок – Структуры эстрадиола (I), тестостерона (II), экдизона (III) и гидрокортизона (IV) [9]

Полученные в результате докинга значения $E_{св}$ для каждого типа рецептора и лиганда были проанализированы с применением методов математической статистики (таблица).

Таблица – Данные, полученные в ходе статистической обработки значений энергий связывания (ккал/моль) лигандов с рецепторами

Рецептор (число структур)	Лиганд	Среднее	Максимум	Минимум	Медианное
Андрогено- вый (80)	Экдизон	-7,5	-6,8	-8,8	-7,5
	Эстрон	-9,1	-6,9	-11,2	-9,05
	Тестостерон	-9,1	-6,8	-11,2	-8,9
	Гидрокортизон	-7,1	-6,3	-10,8	-6,9
Эстрогено- вый (356)	Экдизон	-7,2	-4,6	-10,1	-7,1
	Эстрон	-9,6	-4,3	-11,9	-9,9
	Тестостерон	-9,6	-4,3	-11,9	-9,9
	Гидрокортизон	-7,5	-4,7	-10,0	-7,2
Глюкокорти- коидный (47)	Экдизон	-7,3	-6,0	-10,2	-7,5
	Эстрон	-8,2	-6,2	-11,0	-7,4
	Тестостерон	-8,1	-6,2	-10,9	-7,6
	Гидрокортизон	-7,7	-6,2	-11,5	-7,0

Полученные результаты свидетельствуют в пользу того, что эkdизон хуже связывается с андрогеновыми и эстрогеновыми рецепторами в сравнении с эстрадиолом и тестостероном (величины $E_{св}$ для взаимодействий эkdизона больше таковых для стероидных гормонов). Эстрадиол, тестостерон и гидрокортизон взяты в качестве контрольных лигандов, связывающихся со своими природными мишенями – эстрадиол с эстрогеновыми рецепторами, тестостерон – с андрогеновыми. Согласно WADA, тестостерон признан допинговым средством с анаболическим эффектом. Для некоторых структур эстрогеновых рецепторов получены достаточно низкие значения $E_{св}$ для эkdизона – они достигают значений таковых для эстрадиола, однако статистический анализ показывает, что эти значения составляют малую часть выборки. Важно отметить, что для структур андрогеновых рецепторов получено широкое распределение значений $E_{св}$ в случае тестостерона, что делает затруднительным корректное сравнение эффективности связывания для него и эkdизона. Исходя из минимальных значений $E_{св}$, эkdизон лучше взаимодействует с глюкокортикоидными рецепторами, чем с андрогеновыми, что указывает на риск развития состояний, опосредуемых активацией глюкокортикоидных рецепторов (отечность, усиление катаболизма белков) [10]. Такие эффекты могут привести к нивелированию преимуществ анаболического действия, опосредованного активацией эстрогеновых рецепторов. Согласно нашим данным, впервые на уровне *in silico* показана возможность эkdизона связываться с глюкокортикоидными рецепторами, хотя для 20-Hydroxyecdysone было экспериментально показано нивелирование резорбции костной ткани, вызываемой глюкокортикоидами [11].

Проведенное нами расчетно-теоретическое исследование взаимодействия эkdизона с андрогеновыми, эстрогеновыми и глюкокортикоидными рецепторами с привлечением методов статистики позволило нам сделать следующие выводы. Во-первых, эkdизон способен связываться с андрогеновыми и эстрогеновыми рецепторами, однако аффинность его связывания согласно средним величинам $E_{св}$ значительно хуже таковой для их природных лигандов – тестостерона и эстрадиола, соответственно. Во-вторых, среди указанных белков эkdизон проявил большую аффинность к глюкокортикоидным рецепторам согласно минимальным значениям $E_{св}$ для отдельных структур. Развитие состояний, опосредуемых активацией глюкокортикоидных рецепторов (отечность, усиление катаболизма белков), приведет к нивелированию преимуществ усиления активации эстрогеновых рецепторов, обуславливающей анаболические эффекты. Принимая во внимание возможность реализации анаболического и других эффектов эkdизона на организм человека через реализацию взаимодействий

с другими белками-мишенями, например ферментами биосинтеза стероидов, постулируется необходимость дальнейших расчетно-теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия экидизона с белками человека. Полученные данные не подтверждают эффективность и безопасность применения экидизона в качестве анаболического средства для спортсменов.

Работа проведена при поддержке грантов ГПНИ № государственной регистрации 20210560 (Я. В. Фалетров, В. М. Шкуматов).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ecdysteroids: A novel class of anabolic agents? / M. Parr [et al.] // *Biology of Sport*. – 2014. – Vol. 32. – P. 169–173. – DOI:10.5604/20831862.1144420
2. Anabolic Effect of Ecdysterone Results in Hypertrophy of C2C12 Myotubes by an Estrogen Receptor Mediated Pathway / O. Haupt [et al.] // *Recent advances in doping analysis*. – 2012. – Vol. 20. – P. 221–225.
3. Ecdysteroids / R. Lafont [et al.] // *Encyclopedia*. – 2021. – Vol. 1. – P. 1267–1302. – DOI:10.3390/encyclopedia1040096
4. Activation of Mineralocorticoid Receptor by Ecdysone, an Adaptogenic and Anabolic Ecdysteroid, Promotes Glomerular Injury and Proteinuria Involving Overactive GSK3 β Pathway Signaling / L. Minglei [et al.] // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – P. 12225. – DOI:10.1038/s41598-018-29483-7
5. Lafont, R. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: an update / R. Lafont, L. Dinan // *J. Insect. Sci.* – 2003. – Vol. 3. – P. 7. – DOI:10.1093/jis/3.1.7
6. The 2023 Monitoring Program: RUSADA for clean and fair sport! [Electronic resource]. – Moscow : World Anti-Doping Agency, 08 Nov 2022. – Mode of access: Available at <https://rusada.ru/en/substances/prohibited-list/>.
7. Application of docking-based inverse high throughput virtual screening to found phytochemical covalent inhibitors of SARS-CoV-2 main protease, NSP12 and NSP16 / Y. V. Faletrov [et al.] // *Research Square*. – 2022. – DOI:10.21203/rs.3.rs-1456627/v1
8. Trott, O. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading / O. Trott, A. J. Olson // *J. Comp. Chem.* – 2010. – Vol. 31. – P. 455–461. – DOI:10.1002/jcc.21334
9. Использование экидизона в качестве анаболического средства в спорте: анализ литературы и расчеты *in silico* / В. С. Карпушенкова [и др.] // *Биохимия и молекулярная биология (Biochemistry and Molecular Biology)*. – 2023 (в печати).

10. Braun, Th. P. The Regulation of Muscle Mass by Endogenous Glucocorticoids / Th. P. Braun, D. L. Marks // *Frontiers in Physiology*. – 2015. – Vol. 6. – P. 1–12. – DOI:10.3389/fphys.2015.00012

11. Prevention of glucocorticoid induced bone changes with beta-ecdysone / W. Dai [et al.] // *Bone*. – 2015. – Vol. 74. – P. 48–57. – DOI:10.1016/j.bone.2015.01.001

[К содержанию](#)

УДК 691.3

Л. И. КАСТОРНЫХ, А. В. КАКЛЮГИН

Российская Федерация, Ростов-на-Дону, ДГТУ

ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ДЕКОРАТИВНЫХ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНАХ

В Стратегии инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года одной из важнейших задач, поставленных перед промышленностью строительных материалов, является сокращение доли минерального сырья и его замена промышленными отходами. Решение экологических задач путем снижения потребления природных ресурсов и устранения вредного воздействия на окружающую среду обеспечит устойчивое развитие строительной отрасли [1]. В таких условиях обязательным требованием по снижению негативного влияния на окружающую среду становится рециклинг строительных отходов [2].

В настоящее время в городах Донского региона многоквартирные крупноблочные и крупнопанельные дома, а также дома с кирпичными несущими стенами, построенные по типовым проектам, разработанным в период с 1957 по 1968 год, относят к ветхому и аварийному жилью. В ближайшей перспективе это жилье подлежит сносу, что повлечет образование огромного количества строительных отходов, которые необходимо утилизировать и перерабатывать. В строительной индустрии наиболее исследована область применения отходов в виде заполнителей из дробленого бетона в бетонах общестроительного назначения [3], строительных растворах [4] и самоуплотняющихся бетонах (СУБ) [5].

Свойства декоративного СУБ с заполнителями из строительных отходов исследованы недостаточно, поэтому целью настоящей работы явилась оценка возможности комплексного использования заполнителей

из дробленого бетона и минеральных красителей в самоуплотняющихся смесях для производства арт-объектов и малых архитектурных форм.

В исследованиях использовали заполнители из дробленого бетона по ГОСТ 32495: крупный заполнитель – однофракционный щебень наибольшей крупности 10 мм; мелкий заполнитель – песок из дробленого бетона, представленный частицами растворной составляющей с размерами зерен 1,25–5,0 мм. Для обеспечения требуемой текучести самоуплотняющейся смеси в ее состав вводили природный кварцевый песок с зернами окатанной формы.

Для оценки влияния красителей на основные свойства декоративных самоуплотняющихся бетонов применяли следующие материалы:

– белый пигмент Tongchem TD-R950: диоксид титана рутильной формы (TiO_2) с дозировкой 2 % массы всей смеси минеральных компонентов;

– оранжевый минеральный пигмент Bayferrox 960 с дозировкой от 2 до 4 % массы вяжущего;

– синий органический (синтетический) пигмент Printonik 460, модифицированный химическими добавками для лучшего распределения, с дозировкой от 2 до 3 % массы вяжущего;

– кирпичная пыль – тонкодисперсный продукт отсева после дробления керамического кирпича с размером частиц менее 0,16 мм. Для создания устойчивой окраски бетона дозировка пыли составляла 30 % массы вяжущего.

Основные характеристики красителей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики красителей

Показатель, единица измерения	Белый Tongchem TD-R950	Оранжевый Bayferrox 960	Синий Printonik 460	Кирпичная пыль
Химическое обозначение	TiO_2	$\gamma-FeOOH$	–	–
Средний размер частиц, мкм	1,4	0,6	0,1	37,0
Остаток на сите № 0,045, %	0,05	0,05	0,03	0,1
Истинная плотность, кг/м ³	3960	4020	3200	2640
Насыпная плотность, кг/м ³	980	800	560	1000
Водородный показатель pH	7,2	7,5	–	–

В качестве вяжущего для приготовления декоративных бетонных смесей использовали иранский белый портландцемент класса СЕМІ 42.5N. Минералогический состав цемента, %: C_3S – 74; C_2S – 11,5; C_3A – 11,3;

$C_4AF - 0,3$. Технические характеристики белого портландцемента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики белого портландцемента

Показатель, единица измерения	Величина
Прочность на сжатие в возрасте 28 сут., МПа	53,7
Нормальная густота цементного теста, %	28,0
Удельная поверхность, m^2/kg	405,0
Истинная плотность, kg/m^3	3100
Насыпная плотность, kg/m^3	1100
Сроки схватывания, ч/мин: начало/конец	2–00 / 2–30
Коэффициент отражения света, %	85,0

Выбор химического модификатора для декоративного СУБ был продиктован необходимостью высокой текучести смеси и отсутствием влияния на изменение цвета. Ранее выполненными исследованиями установлено, что высокой разжижающей способностью обладают добавки на основе эфиров полиарила и поликарбоксилата [6]. Поэтому для регулирования свойств декоративных самоуплотняющихся смесей использовали добавку MasterPolyNeed 3545 (МРН 3545) в виде бесцветной жидкости.

Приготовление декоративных самоуплотняющихся смесей выполняли в три стадии. Химический модификатор МРН 3545 вводили после предварительного перемешивания всех минеральных компонентов с частью воды затворения незадолго до окончания перемешивания смеси. Такой способ приготовления дает возможность максимальной реализации разжижающего эффекта добавки [7].

Оценку водоредуцирующей эффективности химического модификатора в декоративном СУБ определяли по коэффициенту использования цемента K_C – удельному расходу цемента на единицу прочности бетона в проектном возрасте:

$$K_C = C/R_{28},$$

где C – расход цемента на $1 m^3$ бетона, кг; R_{28} – предел прочности при сжатии бетона в проектном возрасте, МПа.

В процессе проведения исследований готовили равноподвижные смеси марки по удобоукладываемости РК1 (по ГОСТ Р 59714) с номинальным расходом цемента $440 kg/m^3$ (таблица 3).

Таблица 3 – Состав и характеристики декоративных СУБ

Состав	Дозировка красителя, %	Вид и расход материалов, кг/м ³											Диаметр распыла смеси, см
		краситель				песок природный фракции, мм			песок дробленый фракции, мм		щебень дробленый фракции 5–10 мм	добавка МРН 3545	
		белый TiO ₂	Вауфергох 960	Printonik 460	Пыль кирпичная	0,16–0,315	0,315–0,63	0,63–1,25	1,25–2,5	2,5–5,0			
1К	–	42	–	–	–	76	190	190	152	152	887	7,0	55,0
2В	2,0	42	9	–	–	75	189	200	139	151	880	7,0	56,0
3В	4,0	42	17	–	–	104	157	187	150	149	872	7,0	55,0
4Р	2,0	41	–	9	–	98	148	196	147	147	860	6,8	55,0
5Р	3,0	–	–	13	–	94	156	199	106	194	874	7,9	56,0
6П	30,0	–	–	–	114	76	152	152	142	142	902	6,1	55,0

Физико-механические характеристики и кинетика набора прочности декоративных СУБ приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-механические характеристики декоративных СУБ

Состав	Цементно-водное отношение	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, суток			Коэффициент использования цемента K _с , кг/МПа
			7	14	28	
1К	1,93	2290	43,2	46,0	52,3	8,4
2В	1,92	2305	41,7	45,4	53,5	8,2
3В	1,82	2280	38,5	43,4	49,5	8,8
4Р	1,94	2295	34,8	40,3	48,9	8,8
5Р	1,91	2285	30,7	36,8	42,3	10,3
6П	1,53	2260	30,0	36,5	44,6	8,5

В ходе исследований установлено, что оранжевый краситель Вауфергох 960 придает бетону светлотерракотовый цвет. Расход этого пигмента не должен превышать 3 %, так как увеличение дозировки не усиливает интенсивность цвета, но приводит к падению прочности бетона.

Применение синего органического пигмента Printonik 460, рекомендуемого производителями для использования в жестких смесях, неэффективно в самоуплотняющихся смесях, характеризующихся высокой водопотребностью. Частицы красителя, мигрируя с жидкой фазой к поверхности бетона, не обеспечивают его объемное окрашивание.

Использование в качестве минерального красителя строительного отхода – тонкодисперсной кирпичной пыли – придает бетону слабовыраженную терракотовую окраску. Для обеспечения требуемой растекаемости смеси и достижения декоративным бетоном требуемой прочности дозировку этого красителя в отсутствие диоксида титана необходимо регулировать экспериментально.

Оценка эффективности составов декоративных самоуплотняющихся бетонов по коэффициенту использования цемента K_C показала, что благодаря реологической совместимости химического модификатора МРН 3545 с белым цементом получение бетонных смесей с минимально допустимым расходом вяжущего практически достижимо. При оптимальном расходе суперводоредуцирующей добавки и минерального пигмента получены декоративные СУБ высокой прочности.

Выполненными исследованиями установлена принципиальная возможность комплексного использования заполнителей из дробленых строительных отходов для приготовления декоративных самоуплотняющихся бетонов. При оптимальном количестве цементного теста дробленые зерна с остроугольной и шероховатой поверхностью не препятствуют высокой текучести бетонной смеси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеина, С. Г. Устойчивое развитие городов. Комплексный подход к преобразованию городской среды [Электронный ресурс] / С. Г. Шеина, А. С. Стародубцева // Инженер. вестн. Дона. – 2017. – № 2. – Режим доступа: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4114>.
2. Касторных, Л. И. Эффективность системы рециклинга на заводах товарного бетона и сборного железобетона / Л. И. Касторных, И. В. Трищенко, М. А. Гикало // Строит. материалы. – 2016. – № 3. – С. 36–39.
3. Красиникова, Н. М. Вторичное использование бетонного лома в качестве сырьевых компонентов цементных бетонов / Н. М. Красиникова, Е. В. Кириллова, В. Г. Хозин // Строит. материалы. – 2020. – № 1–2. – С. 56–65. – DOI.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-56-65
4. Павлов, А. В. Влияние добавки молотого бетонного лома на кинетику изменения прочности цементно-песчаного раствора [Электронный ресурс] / А. В. Павлов, В. Ф. Коровяков // Инженер. вестн. Дона. – 2021. – № 3. – Режим доступа: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/6879>.
5. Ларсен, О. А. Технология переработки бетонного лома с целью получения самоуплотняющегося бетона / О. А. Ларсен, В. В. Наруть, В. В. Воронин // Стр-во и реконструкция. – 2020. – № 2 (88). – С. 61–66. – DOI: 10.33979/2073-7416-2020-88-2-61-66

6. Касторных, Л. И. Влияние суперпластифицирующей добавки MasterPolyHeed на основные свойства тяжелого и мелкозернистого бетона [Электронный ресурс] / Л. И. Касторных, В. В. Хартанович, Д. Р. Шершень // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 4 (25). – С. 46–55. – Режим доступа: https://mid-journal.ru/upload/iblock/fcf/9_1157-Kastornykh_46-55.pdf.

7. Рауткин, А. В. Выбор химических модификаторов для обеспечения растекаемости самоуплотняющихся бетонных смесей [Электронный ресурс] / А. В. Рауткин, Л. И. Касторных // Молодой исследователь Дона. – 2017. – № 4 (7). – С. 118–126. – Режим доступа: https://mid-journal.ru/upload/iblock/5a8/20-rautkin-118_126.pdf.

[К содержанию](#)

УДК 546.287

В. В. КОВАЛЕНКО

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ СВИНЦА НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ

В рамках проводимой на кафедре химии НИР «Оценка влияния природных brassinosterоидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельско-хозяйственных и декоративных растений» ведется изучение биологической активности 24-эпикастастерона и его новосинтезированных конъюгатов с кислотами, полученных в Лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Имеются данные о рострегулирующей, стресс-протекторной и антиоксидантной активности конъюгатов brassinosterоидов с кислотами [1; 2].

С целью оценки протекторного действия новосинтезированных конъюгатов brassinosterоидов в отношении потенциально токсичных элементов на сельскохозяйственные культуры в условиях лабораторного эксперимента нами было проведено изучение влияния различных концентраций ионов свинца на морфофизиологические показатели роста тимофеевки луговой.

Тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) – один из самых распространенных видов злаковых трав. Возделывается в нечерноземной, на севере лесостепной зон, на Крайнем Севере и Северном Кавказе. Исполь-

зуется как пастбищная и сенокосная культура, а также как газонная трава в озеленении и ландшафтном дизайне. Тимофеевка луговая возделывается как в чистых посевах, так и в травосмесях, в частности с клевером луговым. Заготавливается в виде сена, силоса, сенажа, травяной муки. В 100 кг сена тимopheевки содержится 3,1 кг переваримого белка [3]. Тимофеевка луговая имеет хорошую семенную продуктивность и при высокой агротехнике урожайность семян достигает 1 т/га [4].

Эксперимент по исследованию различных концентраций ионов свинца на растения тимopheевки луговой проводился в четырехкратной повторности. Предпосевное замачивание семян осуществляли в растворах нитрата свинца с концентрацией от 10^{-6} М до 10^{-2} М. Проращивание семян тимopheевки луговой сорта Воля проводилось в соответствии с ГОСТ 12038–84 [5]. В качестве тестовых показателей роста тимopheевки были использованы энергия прорастания, всхожесть, длина корня и длина побега проростков тимopheевки. Статистическую обработку данных проводили по Рокицкому [6] с использованием стандартного пакета данных программы Excel.

На четвертые сутки эксперимента определялась энергия прорастания, на восьмые сутки – всхожесть, длина корня и длина побега проростков тимopheевки. Полученные данные приведены в таблице.

Таблица – Влияние различных концентраций ионов свинца на растения тимopheевки луговой в лабораторном эксперименте

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корня, мм	Длина побега, мм
Контроль	$50 \pm 2,5$	$77 \pm 2,1$	$16,86 \pm 0,81$	$25,55 \pm 0,59$
10^{-6} М	$46 \pm 2,5$	$73 \pm 2,2$	$16,18 \pm 0,82$	$27,45 \pm 0,63$
10^{-5} М	$49 \pm 2,5$	$77 \pm 2,1$	$17,54 \pm 0,82$	$26,97 \pm 0,69$
10^{-4} М	$38 \pm 2,4$	$70 \pm 2,3$	$12,46 \pm 0,72$	$24,62 \pm 0,81$
10^{-3} М	$7 \pm 1,3$	$51 \pm 2,5$	$1,38 \pm 0,36$	$16,60 \pm 0,94$
10^{-2} М	0	0	–	–

Как показывает анализ данных, приведенных в таблице, с уменьшением концентрации ионов свинца токсическое действие уменьшается. В результате воздействия ионов свинца в концентрации 10^{-2} М наблюдается гибель растений. В вариантах опыта с невысокой концентрацией ионов свинца проявляется стимулирование роста тимopheевки. Так, в варианте опыта с концентрацией ионов свинца 10^{-5} М длина корня проростков тимopheевки увеличивается на 4,0 %, а длина побега – на 5,6 % по сравнению с контролем. В варианте опыта с концентрацией ионов свинца 10^{-6} М длина побега увеличивается на 7,4 % по сравнению с контролем.

Токсическое действие на растения тимофеевки оказывают ионы свинца в минимальной концентрации 10^{-4} М. По сравнению с контролем в данном варианте опыта наблюдается уменьшение энергии прорастания на 12 %, уменьшение всхожести на 7 %, уменьшение длины корня на 26,1 %, уменьшение длины побега на 3,6 %.

В варианте опыта с концентрацией ионов свинца 10^{-3} М наблюдается уменьшение энергии прорастания на 43 %, уменьшение всхожести на 26 %, уменьшение длины корня на 91,8 %, уменьшение длины побега на 35,0 %.

Таким образом, воздействие ионов свинца в концентрации 10^{-3} М является сильнейшим стресс-фактором для растений тимофеевки луговой. Данная концентрация ионов свинца была отобрана для изучения протекторного действия 24-эпикастастерона и его новосинтезированных конъюгатов с кислотами.

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 годы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синтез и стресс-протекторное действие на растения конъюгатов брассиностероидов с салициловой кислотой / Р. П. Литвиновская [и др.] // Химия природ. соединений. – 2016. – № 3. – С. 394–398.
2. Индолил-3-ацетоксипроизводные брассиностероидов: синтез и рострегулирующая активность / Р. П. Литвиновская [и др.] // Химия природ. соединений. – 2013. – Т. 49, № 3. – С. 408–414.
3. Растениеводство / П. П. Вавилов [и др.] ; под ред. П. П. Вавилова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986. – 512 с.
4. Фирсов, И. П. Технология растениеводства / И. П. Фирсов, А. М. Соловьев, М. Ф. Трифонова. – М. : КолосС, 2004. – 472 с.
5. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. – Введ. 01.07.86. – М. : Стандартиформ, 2011. – 29 с.
6. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

[К содержанию](#)

УДК 628.477

**А. П. КОЛБАС^{1,2}, И. В. БУЛЬСКАЯ¹, А. Г. ГАВРИЛОВЕЦ¹,
В. С. НЕСТЕРУК¹, О. Н. ФРАНЧУК¹, М. М. ДАШКЕВИЧ³**

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

²Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

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

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ВЛИЯНИЯ ЗОЛЫ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ

Введение. В настоящее время в топливный баланс все больше вовлекаются древесное топливо и растительная биомасса [1; 2]. В результате работы топочных установок образуется зола, которая в Беларуси относится к третьему классу опасности и на большинстве промышленных объектов подлежит хранению или захоронению [3].

Согласно литературным данным золу можно использовать в зеленом строительстве, в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, биоэнергетике, металлургии, нефтехимической промышленности [4]. Зола содержит ценные питательные элементы, такие как калий, фосфор и магний, а также токсичные элементы (свинец, кадмий, хром и др.).

Преимуществами при применении золы как почвенной добавки являются увеличение рН для кислых почв, возмещение запаса минеральных веществ, увеличение доступности нутриентов для растений. Зола способствует снижению подвижности тяжелых металлов и устойчивых органических загрязнителей в почве. Ранее показано, что степень фитотоксического влияния золы на сельскохозяйственные культуры в лабораторных условиях видоспецифична, а положительный эффект на рост растений может быть достигнут при значительном разбавлении золы в почве [5].

Материалы и методы. Почвенные смеси формировались после тщательного перемешивания незагрязненных контрольных почв (К – отдел агробиологии Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина) с золой (З – КУМПП «Кобринское ЖКХ») в соотношении от 90 : 10 % (таблица 1). В субстратах было определено валовое содержание элементов (таблица 2) на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ICAP 7200 DUO (производство Thermo Scientific).

В качестве добавки использовался торф фрезерный верховой «Янтарь Полесья» (рН 3,0-4,5, производитель ОАО «Торфопредприятие “Глинка”», Республика Беларусь) 10 и 20 % по массе – Т10 и Т20 соответственно.

В качестве тест-объектов были выбраны культуры с повышенной биомассой – кукуруза (*Zea mays* L.) и подсолнечник однолетний (*Helianthus annuus* L.).

Таблица 1 – Состав почвенных смесей и кодировка

№ п/п	Код	Состав смеси
1	К	Контроль
2	T10	Торф (10 %)
3	З	Зола (10 %)
4	З + T10	Зола (10 %) и Торф (10 %)
5	З + T20	Зола (10 %) и Торф (20 %)

Для проведения анализа по 10 семян (подсолнечник и кукуруза) высевали в каждый горшок в четырехкратной повторности. Затем горшки помещали в климатизированное помещение зимнего сада Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина со следующими условиями: световой режим – 14 ч, освещение – $150 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, температура 25 °С (день) / 22 °С (ночь), относительная влажность – 65 %. Горшки были расставлены в случайном порядке и поливались водопроводной водой.

Растения были собраны через три недели на стадии двух-трех настоящих листьев. Побеги и корни каждого растения были промыты, взвешены и измерены. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel. Уровень достоверности был $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Химический анализ золы выявил повышенные содержания как биофильных, так и некоторых технофильных элементов (таблица 2). Так, содержание меди было в 15 раз выше фонового, марганца – более чем в 4 раза, бора – более чем в 10 раз.

Таблица 2 – Химический состав субстратов (валовое содержание элементов в мкг/кг)

Вариант	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn	Ni	Co	Cr	Mo	B
К	7,69	0,12	9,78	28,94	4634,77	87,55	3,39	1,49	10,21	0,07	6,94
З	6,37	1,85	29,2	133,64	2865,84	456,52	3,02	3,37	9,66	0,32	68,76

В условиях вегетационного опыта длина вегетативных органов *подсолнечника* для исследованных добавок показала тенденцию к снижению (рисунок 1, А), эффект для корня значительно более выражен, что связано с непосредственным контактом корня растений с тестируемым субстратом.

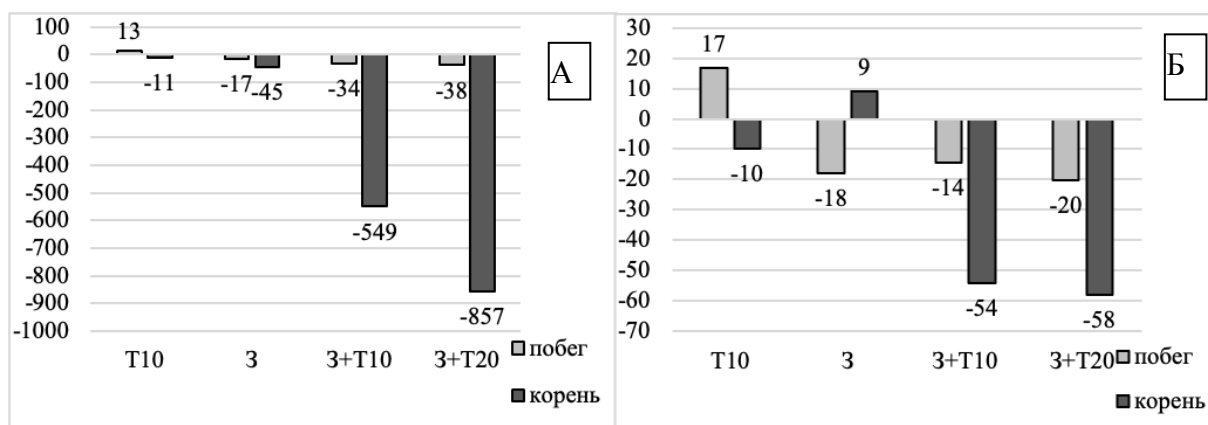


Рисунок 1 – Оценка влияния почвенных добавок на длины (А) и массы (Б) надземных и подземных органов подсолнечника в лабораторных условиях (в % к контролю). Коды вариантов опыта в таблице 1

Минимальный ингибирующий эффект наблюдался в варианте Т10. Добавление торфа не помогло снизить негативное влияние добавки золы. Как показано ранее, доминирующим фактором среды, определяющим доступность ионов и активность ферментов в почве, является рН [6].

Так же внесение золы оказало в основном угнетающее действие на увеличение биомассы *подсолнечника* (рисунок 1, Б). При внесении только золы масса корня увеличилась на 9 % по сравнению с контролем, масса побега уменьшилась на 18 %. Причиной негативного влияния золы на прирост вегетативной массы подсолнечника следует считать некоторые биологические особенности данной культуры (чувствительность к рН, концентрации почвенного раствора и минеральному составу по определенным элементам) [7]. Добавление торфа в разных пропорциях привело к существенному снижению массы подземных и наземных органов подсолнечника, а внесение только торфа привело к увеличению на 17 % массы корня и снижению массы побега, т. е. у подсолнечника для корня эффект значительно более выражен, что связано с непосредственным контактом данного органа с тестируемым субстратом. Причем минимальный ингибирующий эффект наблюдается в варианте 3 + Т10.

Для *кукурузы* (рисунок 2, А) при добавлении золы наблюдается уменьшение длины корня. Длина побега уменьшается на 10 % при добавлении только золы, но при добавке торфа длина побега возрастает, причем на величины, близкие к увеличению длины побега при добавлении только торфа (при добавке торфа прирост длины побега составляет 28 %, 3Т10 и 3Т20 – 24 и 30 % соответственно).

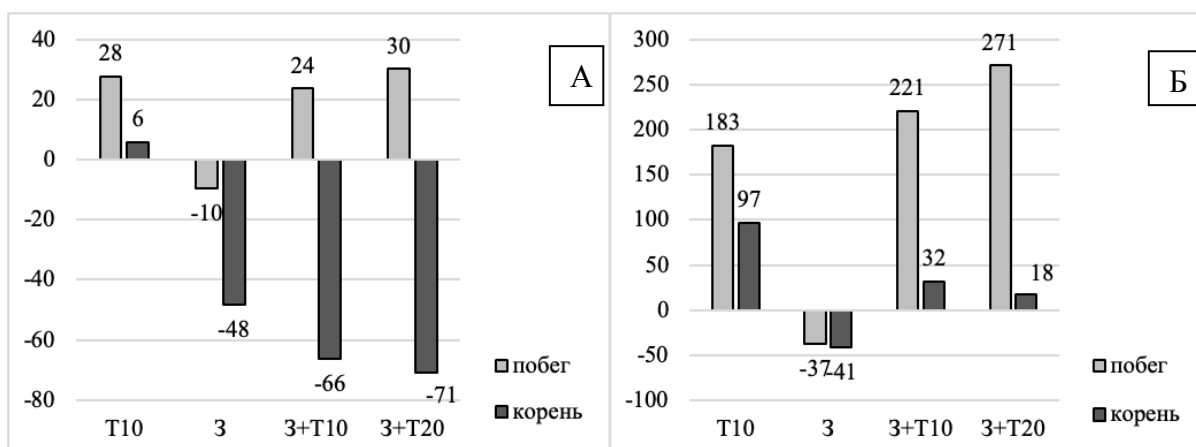


Рисунок 2 – Оценка влияния почвенных добавок на длины (А) и массы (Б) надземных и подземных органов кукурузы в лабораторных условиях (в % к контролю). Коды вариантов опыта в таблице 1

В отличие от подсолнечника внесение золы в качестве добавки в условиях вегетативного опыта положительно сказалось на массе надземной и подземной частей растений *кукурузы*, однако только в тех вариантах опыта, где одновременно с золой вносился торф. Причем с повышением дозы внесенного торфа до 20 % значительно увеличивается масса побега (на 50 %) по сравнению с вариантом 3Т10.

Внесение торфа также приводит к увеличению вегетативной массы растений, причем масса корня увеличивается более значительно при внесении только торфа, а масса побега – при внесении золы и торфа одновременно (рисунок 2, Б). Наиболее гармоничное развитие органов кукурузы с соблюдением экономической целесообразности наблюдается в варианте 3 + Т10.

Заключение. Можно отметить, что степень фитотоксического влияния золы на сельскохозяйственные культуры видоспецифична и обусловлена в первую очередь повышенным рН и содержанием солей. Так, для подсолнечника зола оказала угнетающий эффект во всех вариантах опыта. Длина корня изменялась сильнее, чем масса. Изменение побега сопоставимо в отношении массы и длины. Для кукурузы добавки золы вместе с торфом оказали выраженный положительный эффект. Увеличение массы корня в вариантах 3 + Т10 и 3 + Т20 при снижении длины корня можно объяснить увеличением количества придаточных корней.

Совместное внесение золы (10 %) и торфа (10 %) имеет положительный эффект для толерантных к золе культур (кукуруза), в то же время чувствительные культуры (подсолнечник) значительно снижают прирост биомассы при внесении золы.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ-БРЕСТ № Х22Б-009/С «Оценка свойств золы, получаемой на объектах биоэнергетики Брестской области, и разработка рекомендаций по ее использованию в народном хозяйстве».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

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

3. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» [Электронный ресурс] : утв. постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 9 дек. 2019 г., № 3-Т. – Режим доступа: <https://эколог.бел>.

4. Родькин, О. И. Перспективы использования золы древесины ивы и соломы в растениеводстве / О. И. Родькин, И. В. Сай, С. К. Пронько // Экол. вестн. – 2013. – № 2 (24). – С. 84–90.

5. Evaluation of fly ash, apatite and rice straw derived-biochar in varying combinations for in situ remediation of soils contaminated with multiple heavy metals / V. M. Dang [et al.] // Soil Science And Plant Nutrition. – 2020. – Vol. 66, No. 2. – P. 379–388.

6. Биотестирование смесей золы с почвенными добавками на модельных культурах в лабораторных условиях / А. П. Колбас [и др.] // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедры природообустройства, Брест, 26–28 окт. 2022 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2022. – Ч. 1. – С. 164–170.

7. Колбас, А. П. Структурные и функциональные ответы растений на полиэлементное загрязнение в почвенных сериях / А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас, М. А. Пастухова // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2021. – № 1. – С. 23–33.

[К содержанию](#)

УДК 632.154:57.054:042.5

О. В. КОРЗЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ И ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ КОНЬЮГАТОВ ПРИРОДНЫХ БРАССИНОСТЕРОИДОВ С КИСЛОТАМИ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

В обзорной статье освещены вопросы, касающиеся возможности применения brassinosteroidов и синтетических препаратов на их основе для защиты растений при загрязнении окружающей среды свинцом. В условиях изменения климата и антропогенного химического загрязнения биосферы данный стрессор является одним из важнейших агентов, снижающих урожайность и качество растениеводческой продукции, и поэтому он заслуживает пристального внимания [1].

Браassinosteroidы (БС) и препараты на их основе позиционируются как универсальные стимуляторы роста и адаптогены растений, поэтому для подтверждения данного тезиса важно рассмотреть особенности их действия в условиях воздействия названного выше стрессорного фактора с указанием аргументов в пользу их приоритетного использования. Среди преимуществ БС также можно отметить их экологическую безопасность и способность вызывать биологические эффекты в очень низких концентрациях по сравнению с другими группами растительных гормонов [2]. Браassinosteroidы оказывают всестороннее влияние на развитие растений в процессе их онтогенеза. Известно, что они изменяют активность ферментов, мембранный потенциал, активируют синтез белков и нуклеиновых кислот, регулируют экспрессию пластидных генов, метаболизм аминокислот и жирных кислот, влияют на гормональный статус организма. Эти сдвиги на клеточном уровне отражаются на уровне целого растения усилением роста и повышением продуктивности [3]. Весьма существенно, что brassinosteroidы увеличивают устойчивость ряда растений к высокому содержанию в почве тяжелых металлов.

Имеются немногочисленные работы, в которых предпринимаются попытки более фундаментального подхода при изучении гормональной регуляции физиологических процессов при стрессе у растений.

В качестве объектов исследования использовались растения гороха посевного (*Pisum sativum* L) сорта Саламанка. Выбор был обусловлен тем, что из возделываемых видов гороха в Беларуси посевной имеет высокую урожайность и пригодный для промышленной переработки сорт [4].

Для оценки влияния 24-эпикастастерона (ЭК) и его конъюгатов с кислотами (2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31)) на морфометрические параметры роста гороха посевного сорта Саламанка были использованы следующие варианты опыта:

- 1) дистиллированная вода (контроль);
- 2) ЭК с концентрацией 10^{-9} М;
- 3) S23 с концентрацией 10^{-11} М;
- 4) S31 с концентрацией 10^{-9} М;
- 5) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М;
- 6) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-3} М;
- 7) ЭК с концентрацией 10^{-9} М + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М;
- 8) ЭК с концентрацией 10^{-9} М + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-3} М;
- 9) S23 с концентрацией 10^{-11} М + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М;
- 10) S23 с концентрацией 10^{-11} М + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-3} М;
- 11) S31 с концентрацией 10^{-9} М + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М;
- 12) S31 с концентрацией 10^{-9} М + $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-3} М.

Проращивание гороха посевного проводили согласно ГОСТ 12038-84. Все опыты проводились в трехкратной повторности. На десятые сутки было проведено исследование морфометрических параметров растений гороха посевного (средняя длина и масса корней и средняя длина и масса побегов) использованных вариантов лабораторного опыта.

Проведенные исследования показали, что ионы свинца в концентрации 10^{-3} М приводили к уменьшению длины корня на 40,0 % и массы корня на 13,6 % по сравнению с контрольными растениями (таблица, рисунок 1) и побега на 5,9 % и 18,2 % соответственно.

Ионы свинца в концентрации 10^{-4} М также приводили к уменьшению длины и массы корня на 27,8 % и 11,0 % по сравнению с контрольными растениями. Длина побега уменьшалась на 2,2 %, но при этом масса незначительно увеличивалась, что составляло 9,3 %.

Наибольшее увеличение длины корней гороха посевного наблюдается при воздействии ЭК в концентрации 10^{-9} М. Так, длина корня увеличивалась на 32,8 %, побега – на 35,8 % по сравнению с контролем, соответственно увеличивались и их массы. При обработке S31 в концентрации 10^{-9} М длина корня увеличивалась на 26,2 %, побега – на 39 % по сравнению с контролем. Воздействие S23 вызывает незначительное увеличение длины корня гороха, что составляет 14,8 % и длины побега – 18,4 % по сравнению с контролем, и значительное увеличение массы корня на 79,7 %, но при этом масса побега увеличилась только на 2,4 % (таблица).

Таблица – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на морфометрические параметры гороха посевного сорта Саламанка при воздействии ионов свинца

Вариант опыта	Корень		Побег	
	длина, мм	масса, г	длина, мм	масса, г
Контроль	66,6 ± 2,19	0,12 ± 0,006	58,6 ± 2,38	0,17 ± 0,008
ЭК ⁻⁹ М	88,4 ± 1,98*	0,23 ± 0,005***	79,6 ± 1,18**	0,22 ± 0,005*
S23 ⁻¹¹ М	76,4 ± 2,5	0,21 ± 0,013**	69,4 ± 3,7	0,17 ± 0,013
S31 ⁻⁹ М	84,0 ± 11,2*	0,16 ± 0,011*	81,5 ± 10,7**	0,17 ± 0,011
Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	48,1 ± 1,6*	0,11 ± 0,006	57,4 ± 1,95	0,18 ± 0,006
ЭК ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	67,1 ± 3,03**	0,18 ± 0,006**	80,9 ± 2,13**	0,21 ± 0,007**
S23 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	58,3 ± 2,13*	0,17 ± 0,004**	74,7 ± 1,25**	0,24 ± 0,033***
S31 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	57,3 ± 1,67*	0,16 ± 0,003**	72,8 ± 1,74**	0,24 ± 0,052***
Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	39,9 ± 0,94**	0,10 ± 0,003	55,2 ± 1,83	0,14 ± 0,007
ЭК ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	53,5 ± 2,48*	0,11 ± 0,007	57,1 ± 2,05	0,17 ± 0,007
S23 ⁻¹¹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	38,6 ± 0,85	0,13 ± 0,005**	54,0 ± 1,52	0,16 ± 0,006
S31 ⁻⁹ М + Pb ²⁺ , 10 ⁻³ М	44,6 ± 1,71	0,12 ± 0,004**	59,3 ± 2,21	0,20 ± 0,007

Примечание – * – достоверно при P ≤ 0,05; ** – при P ≤ 0,01; *** – при P ≤ 0,001.

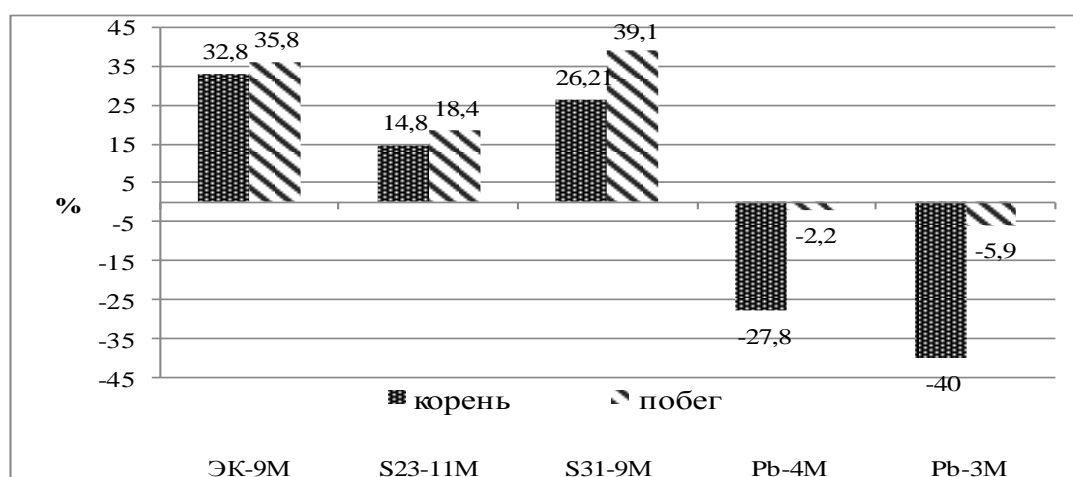


Рисунок 1 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов, ионов свинца на морфометрические параметры гороха посевного, % относительно контроля

При предварительной обработке семян ЭК⁻⁹ М и дальнейшем проращивании в среде с ионами свинца у растений гороха посевного наблюдалось увеличение длины и массы корня на 39,5 % и 66,9 % соответственно и длины и массы побега на 41 % и 17 % по сравнению с растениями, выращенными в среде, где присутствовали ионы свинца в концентрации 10⁻⁴ М, но не проводилось предварительное замачивание в растворе ЭК (таблица, рисунок 2, 3). При предварительном замачивании семян в растворе S23⁻¹¹ М и дальнейшем проращивании в растворе с ионами свинца (10⁻⁴ М) у растений гороха посевного также наблюдалось увеличение длины корня на 21,3 % и массы корня на 57,14 % (таблица, рисунок 2, 3) и побега на 30,3 % и 32,0 % соответственно.

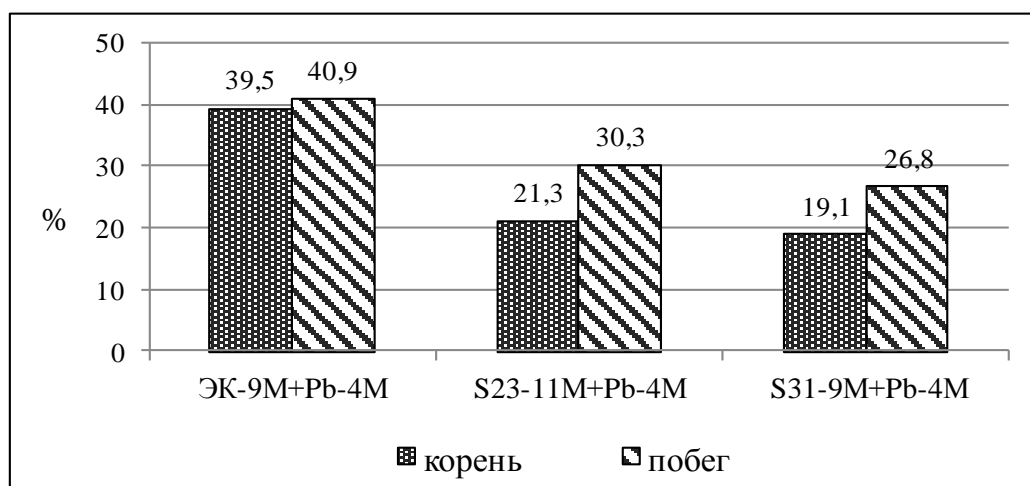


Рисунок 2 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на длину корня и побега гороха посевного, % относительно ионов свинца

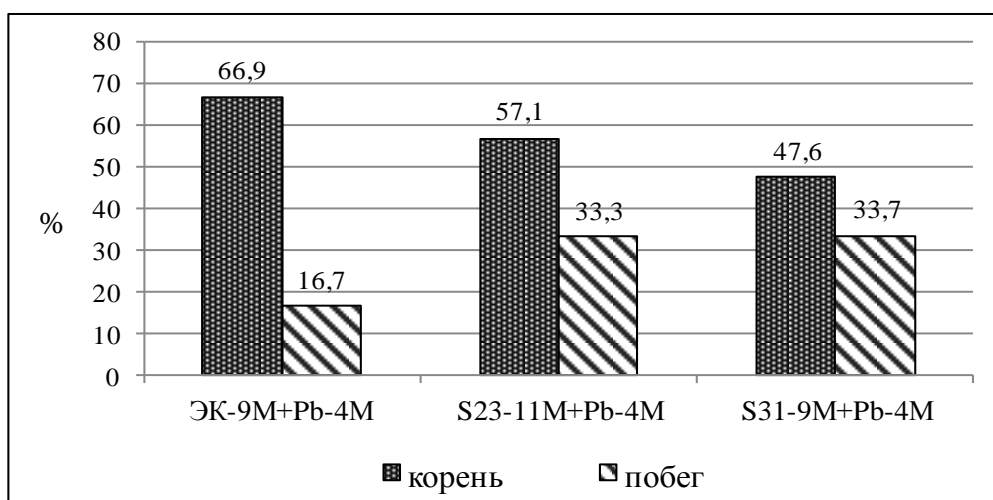


Рисунок 3 – Влияние эпикастастерона и его конъюгатов на массу корня и побега гороха посевного, % относительно ионов свинца

При предварительном замачивании семян в растворе $S31^{-9}$ М и дальнейшем проращивании в среде, содержащей ионы свинца, наблюдалось незначительное увеличение длины корня, что составляло 19,1 %, и массы корня – 47,6 %, но при этом длина побега увеличивалась на 27,0 % и масса на 33,7 % соответственно. Более высокий прирост по длине и массе корней и побегов отмечался при предварительном замачивании семян в растворе ЭЖ⁻⁹ М и дальнейшем проращивании в среде с ионами свинца в 10^{-4} М (рисунок 2, 3).

Таким образом, по результатам лабораторного опыта можно сделать вывод, что использование конъюгатов природных брассиностероидов с кислотами в оптимальных концентрациях позволяет повысить устойчивость гороха посевного сорта Саламанка к действию ионов свинца. Наиболее индикативным параметром в связи с отзывчивостью на действие исследуемых веществ при изучении воздействия эпикастастерона и его конъюгатов в лабораторных условиях является длина корня и его масса.

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» (Биооргхимия) ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» на 2021–2025 годы (№ ГР 20211450 от 20.05.2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабовская, Н. И. Протекторное действие на растения препаратов, содержащих брассиностероиды, в условиях загрязнения среды свинцом / Н. И. Грабовская, О. Н. Бабенко // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. – 2020. – № 13 (2). – С. 129–163.
2. Sakurai, A. Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones / A. Sakurai, T. Yokota, S. Clouse // Springer, Berlin. – 1999. – P. 253.
3. Хрипач, В. А. Стресс-протекторные свойства брассиностероидов / В. А. Хрипач, О. В. Свиридов, А. Г. Прядко // Биоорг. химия. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 371–378.
4. Шор, В. Ч. Возделывание гороха и яровой вики в чистых и смешанных посевах / В. Ч. Шор, Л. И. Белявская // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : ИВЦ Минфина, 2007. – С. 179–190.

[К содержанию](#)

УДК 581.143.6:582.594.2

С. М. ЛЕНИВКО, А. С. КАРУНОС

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ТИДИАЗУРОНА *IN VITRO* НА ИНДУКЦИЮ СОМАТИЧЕСКОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА У ЭКСПЛАНТОВ ФАЛЕНОПСИСА ГИБРИДНОГО

Соматический эмбриогенез является эффективной системой регенерации растений в условиях *in vitro*, поскольку позволяет получать наибольшее число растений от одного экспланта. Прямой путь соматического эмбриогенеза, не связанный с образованием каллуса, широко используется для разработки технологий получения селекционно-ценного растительного материала *in vitro*. Основными индукторами дифференциации соматических эмбриоидов и дальнейшей регенерации растений из них являются специфически необходимые регуляторы роста растений [1].

Тидиазурон (N-фенил-N'-(1,2,3-тиадиазол-5-ил) мочевины, $C_9H_8N_4OS$, $M_r = 220,25$ г/моль) является производным дифенилмочевины, изначально разработан как дефолиант хлопка, но обнаруженная цитокининовая активность вызывает большой интерес по его использованию в качестве синтетического морфорегулятора в условиях *in vitro* у многих видов растений. Выполненные нами исследования являются продолжением работ по оценке эффективности соединений с цито-кининовым типом действия на индукцию процессов морфогенеза у зрелых эксплантов [2].

Цель исследования – реализация тотипотентности клеток двух типов эксплантов фаленопсиса гибридного (*Phalaenopsis hybridum hort.*) посредством индукции прямого соматического эмбриогенеза под влиянием различных концентраций тидиазурона (TDZ).

Листья и фрагменты корня асептических семян фаленопсиса гибридного были использованы в качестве эксплантов. Пассаж эксплатов проводился на модифицированную питательную среду Мурасиге и Скуга, содержащую макро- и микроэлементы в половинной концентрации. Варианты опыта различались различным содержанием тидиазурона: 0,5, 1, 2 и 3 мг/л. В каждом варианте опыта было заложено по три повторности. Индукция процессов морфогенеза проводилась при постоянной температуре 24 °С на протяжении 60 дней. Морфогенетическая реакция эксплантов фиксировалась дважды, через 30 и 60 дней, с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10. Статистические расчеты проводились с использованием MS Excel. Уровень достоверной значимости различий между вариантами эксперимента оценивался при $P \leq 0,05$.

Из трех типов листовых эксплантов (апикальный, средний, базальный) наиболее отзывчивым на условия культивирования оказался апикальный лист (рисунок 1).

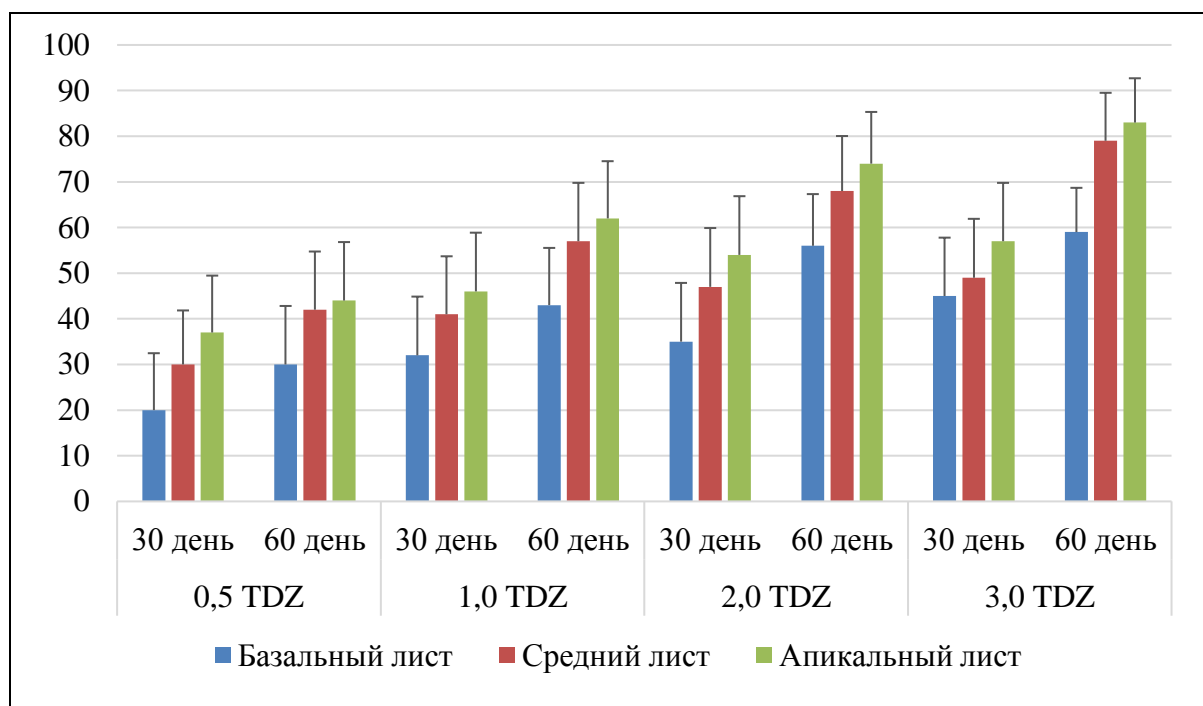


Рисунок 1 – Частота формирования эмбриоидов (%) под влиянием различных концентраций тидиазурона у листовых эксплантов *Phalaenopsis hybridum hort.*

Наиболее высокие показатели частоты формирования эмбриоидов на 30-й и 60-й день культивирования зарегистрированы при культивировании апикальных листьев в двух вариантах опыта: 54 % и 74 % соответственно на среде с TDZ в концентрации 2 мг/л, 57 % и 83 % на среде с TDZ в концентрации 3 мг/л. Под влиянием TDZ в концентрации 3 мг/л по сравнению с концентрацией 0,5 мг/л зарегистрированы достоверно значимые отличия по формированию эмбриоидов как среди апикальных, так и средних листовых эксплантов на 60-й день культивирования. Частота морфогенетического отклика у базальных листьев, используемых в качестве эксплантов, существенно не различалась в вариантах опыта.

Из трех типов корневых эксплантов наиболее выраженный соматический эмбриогенез был отмечен у базальных фрагментов (рисунок 2) с максимумом частоты ($92,0 \pm 7,0$) в варианте опыта с TDZ в концентрации 3 мг/л на 60-й день культивирования. Частота эмбриогенеза на 60-й день в варианте опыта с TDZ в концентрации 3 мг/л по сравнению с концентрацией 0,5 мг/л оказалась существенно выше у всех испытанных типов

корневых эксплантов. Также достоверно высоким оказался регистрируемый показатель и в варианте опыта с TDZ в концентрации 2 мг/л по сравнению с концентрацией 0,5 мг/л у базальных и средних фрагментов корня.

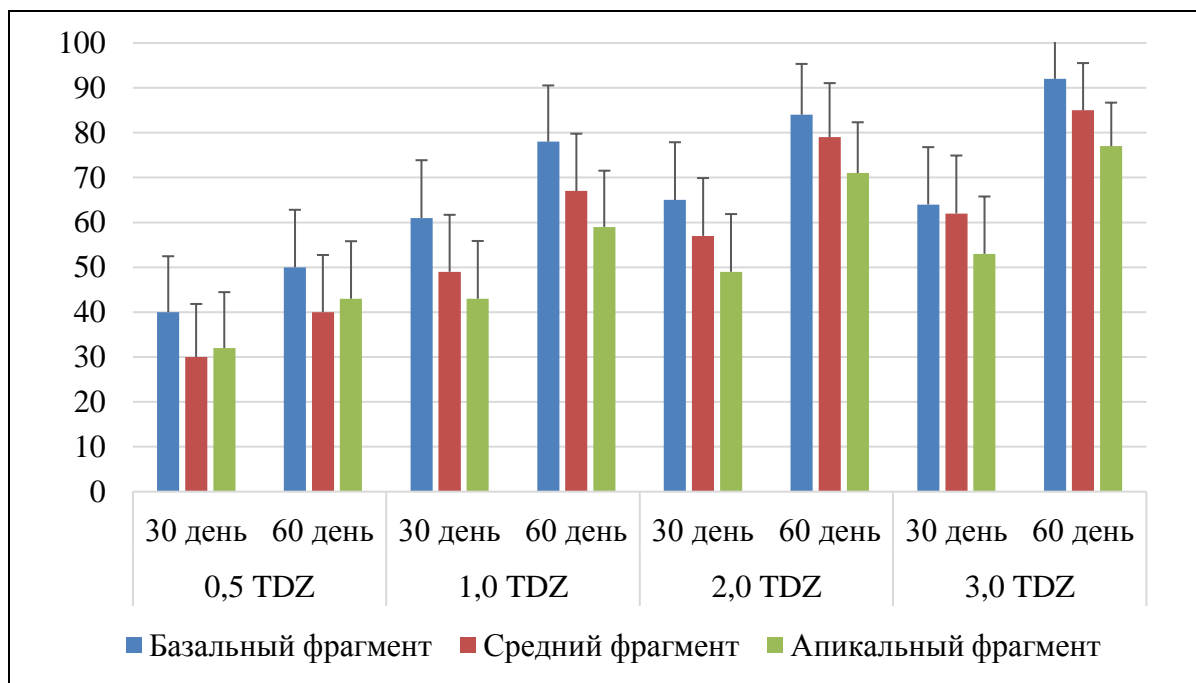


Рисунок 2 – Частота формирования эмбрионов (%) под влиянием различных концентраций тидиазурона у корневых эксплантов *Phalaenopsis hybridum hort.*

С помощью дисперсионного анализа выявлена определяющая роль концентрации TDZ в индукции соматического эмбриогенеза (рисунок 3 и 4).

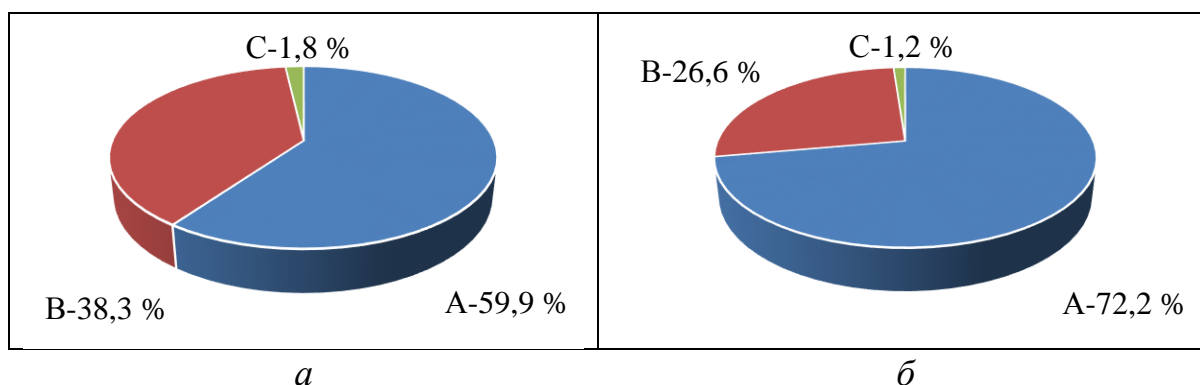


Рисунок 3 – Доля влияния факторов на частоту соматического эмбриогенеза у листовых эксплантов *Phalaenopsis hybridum hort.*: А – концентрация TDZ; В – тип экспланта; С – случайные факторы; а – на 30-е сутки; б – на 60-е сутки

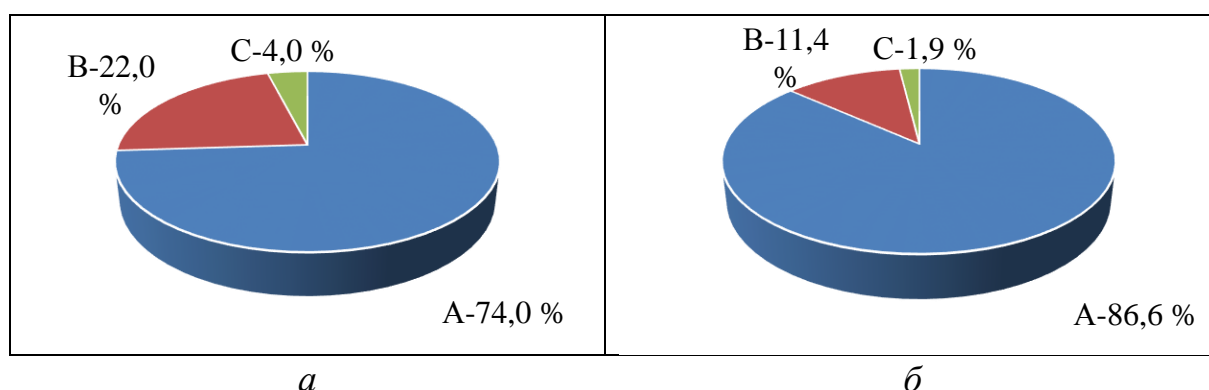


Рисунок 4 – Доля влияния факторов на частоту соматического эмбриогенеза у корневых эксплантов *Phalaenopsis hybridum hort.*:
 А – концентрация TDZ; В – тип экспланта; С – случайные факторы;
 а – на 30-е сутки; б – на 60-е сутки

Таким образом, выявлено усиление морфогенетической активности при повышении концентрации TDZ – синтетического регулятора с цитокининовым типом действия – с 0,5 до 3 мг/л, при этом значительно более высокий морфогенный отклик зафиксирован под влиянием TDZ в концентрациях 2 и 3 мг/л, что свидетельствует об их эффективности.

Обнаружено, что отзывчивость на испытанные концентрации TDZ снижалась во всех вариантах опыта у листовых эксплантов в ряду апикальный лист > средний лист > базальный лист, а морфогенетическая активность у корневых эксплантов снижалась в трех вариантах опыта в ряду базальный фрагмент > средний фрагмент > апикальный фрагмент. Проведенный дисперсионный анализ полученных результатов эксперимента позволил установить достоверное влияние на частоту соматического эмбриогенеза у фаленопсиса гибридного как концентрации TDZ, так и типа экспланта. При этом доля влияния фактора концентрации возрастала на протяжении всего эксперимента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанова, И. В. Соматический эмбриогенез как система *in vitro* размножения культурных растений / И. В. Митрофанова // Физиология и биохимия культур. растений. – 2009. – Т. 41, № 6. – С. 496–508.

2. Ленивко, С. М. Эффективность влияния цитокининовых соединений на индукцию морфогенеза *in vitro* у листовых эксплантов малины / С. М. Ленивко // Менделеевские чтения – 2022 : материалы Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию с междунар. участием, Брест, 25 февр. 2022 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Э. А. Тур, Е. Г. Артемук (отв. ред.), Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2022. – С. 70–73.

[К содержанию](#)

УДК 688.5

С. Н. ЛЕШИК, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ОПАСНЫХ
ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ПРЕДПРИЯТИЯМИ
ЛЯХОВИЧСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ
ЗА ПЕРИОД С 2019 ПО 2021 ГОД**

К настоящему времени определились некоторые важные проблемы в области антропогенного глобального загрязнения окружающей природной среды, к числу которых относятся:

1. Возможные изменения климата в связи с поступлением в атмосферу техногенного тепла, углекислого газа и аэрозольных примесей.
2. Возможное нарушение озонового слоя Земли, связанное с поступлением в атмосферу фреонов, окислов азота и некоторых других примесей.
3. Экологические последствия глобального загрязнения природной среды и биосферы радиоактивными веществами, тяжелыми металлами и пестицидами.
4. Общие проблемы окружающей среды атмосферными осадками, речным стоком, наземным и воздушным транспортом.
5. Дальний атмосферный перенос загрязняющих веществ и проблема кислотных осадков [1].

Целью работы является исследование и экологическая оценка выбросов предприятий Ляховичского района Брестской области за период с 2019 по 2021 год.

Материалами для исследований являлись данные актов инвентаризации предприятиями ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”», ОАО «Ляховичский льнозавод» [2; 3].

Для исследования были выбраны такие загрязняющее вещества, как оксид углерода (II) и оксид серы (VI).

На основании анализируемых данных видно, что общее количество выбросов находится на относительно одинаковом уровне (таблица 1). При этом количество выбросов данных оксидов увеличивается от 2019-го к 2021 году на 19 % для предприятия ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”» и 15 % для предприятия ОАО «Ляховичский льнозавод» соответственно.

Таблица 1 – Выбросы оксида углерода (II) за период с 2019 по 2021 год

Год	ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”»	ОАО «Ляховичский льнозавод»
2019	4,674 т/год	3,952 т/год
2020	4,823 т/год	4,242 т/год
2021	5,581 т/год	4,653 т/год

На рисунке 1 представлена динамика изменения суммарного количества выбросов оксида углерода (II) и оксида серы (VI) предприятиями ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”» и ОАО «Ляховичский льнозавод» за период с 2019 по 2021 год.

С 2019 года по 2020 год общее количество выбросов предприятиями ОАО «Ляховичский льнозавод» и ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”» в первом и втором кварталах остается на одном уровне, однако в третьем квартале 2021 года идет резкое увеличение выбросов на 37 % для данных предприятий. Связано это с увеличением количества сырья для переработки на данных предприятиях. Так же наблюдается увеличение количества выбросов в четвертом квартале 2021 года на 41 %, что связано с переходом предприятий на отопительный сезон.

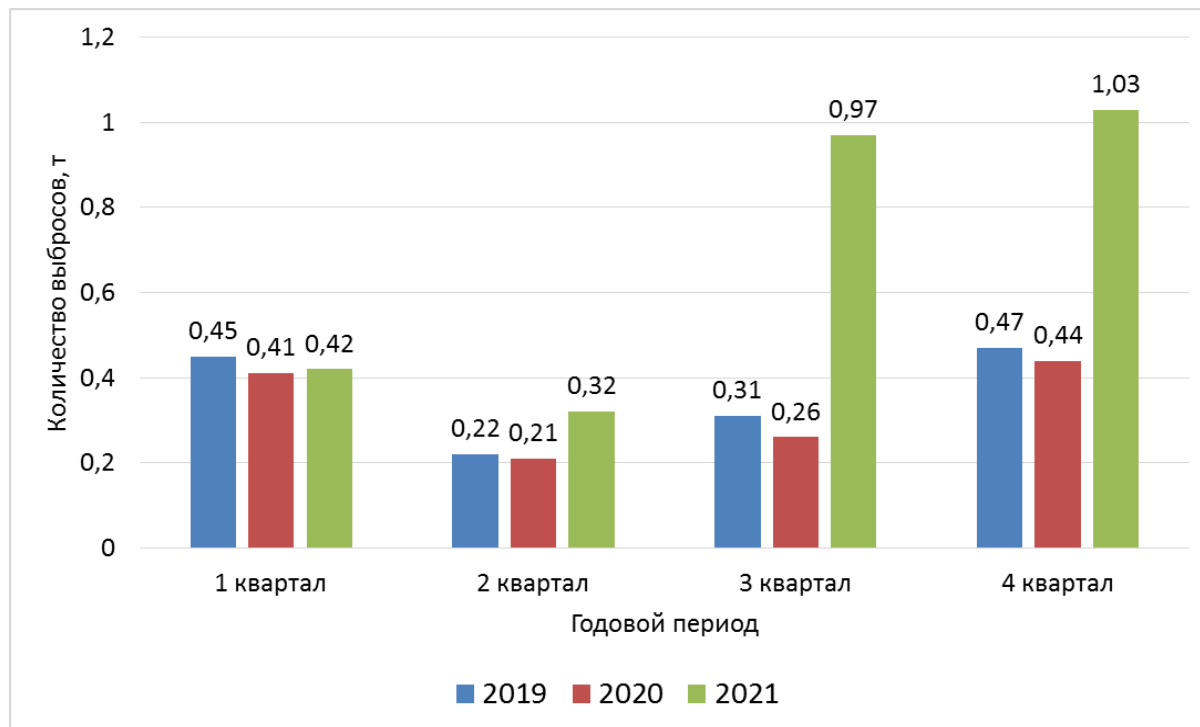


Рисунок 1 – Общее количество выбросов оксида серы (VI) предприятиями ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”», ОАО «Ляховичский льнозавод» за период с 2019 по 2021 год

Рассмотрим годовой отчет предприятий на примере 2021 года. В ходе анализа показателей выбросов оксида углерода (II) предприятиями были получены следующие результаты. В третьем и четвертом кварталах анализируемого года идет резкое увеличение выбросов оксида углерода (II) на 63 % на ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”» и 37 % на предприятии ОАО «Ляховичский льнозавод» (таблица 2).

Таблица 2 – Количество выбросов CO за 2021 год

Предприятия	1-й квартал	2-й квартал	3-й квартал	4-й квартал
ОАО «Торфобрикетный завод «Ляховичский»»	1,49 т	0,82 т	1,31 т	1,96 т
ОАО «Ляховичский льнозавод»	0,42 т	0,32 т	0,97т	1,03 т

На основании анализа данных можно сделать следующие выводы.

1. Основными загрязняющими веществами являются оксид углерода (II) и оксид серы (IV). Загрязняющие вещества относятся к 3-му и 4-му классу опасности.

2. Отмеченные концентрации выбросов летучих оксидов предприятиями ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”» и ОАО «Ляховичский льнозавод» не превышают ПДК.

3. Выявлено, что сезонная закономерность динамики данных по выбросам загрязняющих веществ в 2020 и 2021 годах одинакова. Рост выбросов оксидов связан с увеличением объема сырья для обработки и переходом предприятия на отопительный сезон.

4. Отмеченные концентрации выбросов оксида углерода (II) и оксида серы (IV) предприятием ОАО «Ляховичский льнозавод» и ОАО «Торфобрикетный завод “Ляховичский”» не превышают ПДК и не способны нанести существенного вреда здоровью людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лещук, С. И. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха города Иркутска / С. И. Лещук // Естеств. и техн. науки. – 2016. – № 1. – С. 15–19.

2. Торфобрикетный завод «Ляховичский» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.brikety.by/>. – Дата доступа: 21.01.2023.

3. Ляховичский льнозавод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lzw.by/>. – Дата доступа: 25.01.2023.

[К содержанию](#)

УДК 546.711:581.526.3:556.5(476.2-21Гомель)

Т. В. МАКАРЕНКО¹, А. А. БОЛИГАТОВА¹, А. И. МАКАРЕНКО²

¹Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

²Беларусь, Гомель, ГоГМУ

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАРГАНЦА В ПОГРУЖЕННЫХ РАСТЕНИЯХ В ВОДОЕМАХ Г. ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Цель работы – изучить содержание марганца в погруженных растениях в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования были выбраны погруженные растения: роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.). Отбор проб растений и донных отложений производился в летне-осенний период с 2019 по 2021 год согласно стандартным методикам [1, с. 156]. Макрофиты срезались как можно ближе ко дну водоема. Для проведения анализа использовалась надземная часть растений. Пробы растений после тщательного ополаскивания последовательно высушивали до воздушно-сухого состояния и озоляли до белой золы в муфельной печи при 450 °С. Содержание металлов в золе растений определяли методом ISP масс-спектрометрии, на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRCe (Perkin Elmer), на базе лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси. Исследования содержания марганца проводились в водоемах г. Гомеля и прилегающих к городу территорий с разным характером антропогенной нагрузки.

Результаты исследований и их обсуждение. Содержание соединений марганца в донных отложениях в изучаемых водоемах в период с 2019 года по 2021 год не имеет единой динамики (рисунок 1). Так, в оз. Володькино концентрация металла в отложениях увеличивается к 2020 году и снижается в 2021 году. Для оз. Дедно содержание марганца снижается в 2020 году в 3,3 раза в сравнении с 2019 годом, но в 2021 году остается на уровне 2020 года. В оз. Любенском и старичном комплексе р. Сож концентрация марганца в донных отложениях к 2020 году уменьшается, а в 2021 году увеличивается. Такое же разнонаправленное изменение содержания соединений металла характерно и для погруженных растений водоемов изучаемой территории (рисунок 2).

В растениях на участке р. Сож выше города (д. Кленки) концентрация марганца в макрофитах увеличивается, тогда как в донных отложениях снижается. Можно предположить о том, что на данном участке реки

соединения металла в донных отложениях переходят в доступные для погруженных растений формы.

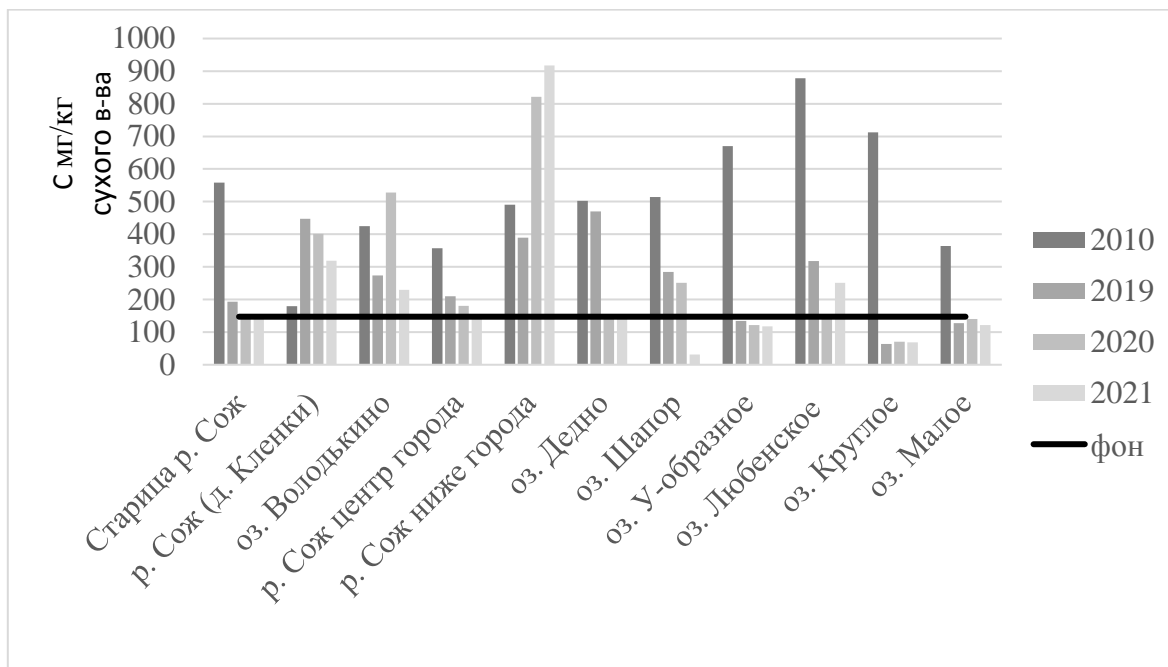


Рисунок 1 – Содержание марганца в донных отложениях в изучаемых водоемах

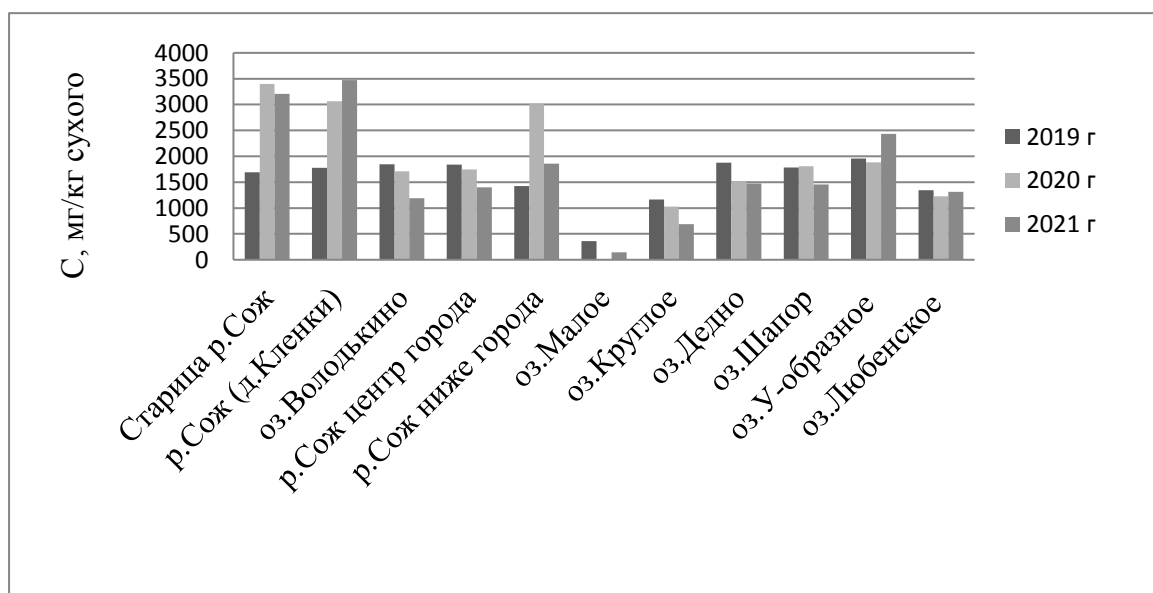


Рисунок 2 – Содержание марганца в погруженных растениях в изучаемых водоемах

В летний период 2021 года физико-химические условия состояний водных экосистем изменились, так как, по данным гидрометеоцентра,

за летний период выпало малое количество атмосферных осадков, значительно ниже нормы, уровень воды в водоемах снизился более 1 м, отмечена высокая среднемесячная температура [2]. Для старичного комплекса в донных отложениях и в макрофитах определена обратная динамика в накоплении металла: в 2020 году при снижении содержания марганца в донных отложениях в растениях концентрация металла увеличивается; в 2021 году в донных отложениях количество марганца незначительно увеличивается, а у макрофитов незначительно снижается. Можно предположить, что у растений старичного комплекса за период исследований хорошо работал механизм блокировки, ограничивающий поступление больших количеств соединений металла в ткани.

Содержание соединений марганца в растениях и донных отложениях одновременно снижается на участке р. Сож парковой зоны и в оз. Круглое, что может свидетельствовать о снижении поступления соединений металла в вышеперечисленные водоемы. А вот снижение концентрации металла в оз. Володькино при значительном увеличении содержания марганца в донных отложениях в 2020 году свидетельствует о работе механизма блокировки в растениях. В 2021 году концентрация металла в донных отложениях оз. Володькино и в макрофитах снижается, что может быть связано со снижением антропогенной нагрузки на водную экосистему. Однако такое значительное снижение в донных отложениях и растениях озера к 2021 году, ненаблюдаемое ни в одном другом водоеме, объяснить довольно сложно, так как оз. Володькино испытывает меньшую антропогенную нагрузку, чем водоемы города, и данный факт требует более детального изучения. В донных отложениях на участке реки ниже черты города количество марганца увеличивается на протяжении всего периода исследований, но только в 2020 году содержание металла в погруженных растениях на данном участке было высоким, а в 2021 году количество марганца в макрофитах снизилось в 1,6 раза в сравнении с 2020 годом. Учитывая наблюдаемую динамику можно предположить, что в 2020 году доступность металла в донных отложениях на участке реки за чертой города была более высокой, чем в 2021 году, а в 2021 году при дальнейшем увеличении металла в донных отложениях на участке за чертой города включился механизм блокировки, и концентрация марганца в макрофитах значительно снизилась. Практически одинаковое содержание металла характерно для донных отложений оз. Малое в 2019 и 2021 годах. Однако в растениях в 2021 году концентрация марганца практически в 3 раза меньше, чем в 2019 году, что говорит о снижении доступных форм металла в донных отложениях водоема. Проследить полную динамику изменения содержания металла в макрофитах водоема сложно, так как в 2020 году растения водоема были полностью удалены по решению городских

властей для улучшения экологического состояния оз. Малое. Возможно, удаление макрофитов способствовало очищению данной водной экосистемы.

Содержание металла в донных отложениях оз. Дедно в 2020-м и 2021 годах практически не изменилось, но в сравнении с 2019 годом количество марганца в донных отложениях уменьшилось в 3,3 раза. В растениях оз. Дедно содержание металла также снижается. Однонаправленное снижение концентрации марганца в макрофитах в течение всего периода исследований говорит о снижении доступности металла в донных отложениях водоема. Одинаковая динамика содержания марганца характерна для растений озер У-образное и Любенское: снижение концентрации металла в 2020 году в сравнении с 2019 годом и повышение в 2021 году, хотя в донных отложениях водоемов Любенское и У-образное динамика содержания марганца в донных отложениях не является схожей. У макрофитов оз. У-образное в 2021 году количество металла выше, чем в 2019-м и 2020 годах, чего не скажешь про растения оз. Любенское, где концентрация марганца в макрофитах в период с 2019 по 2021 год отличалась незначительно. В донных отложениях оз. Шапор в 2021 году было минимально, а содержание марганца в растениях хоть и не являлось минимальным в сравнении с другими водоемами, но было в 1,2 раза ниже, чем в 2019-м и 2021 годах, что дает возможность предположить о снижении поступления металла в оз. Шапор извне с поверхностным стоком. Минимальное содержание марганца определено у макрофитов оз. Малое, что говорит о низкой доступности металла в донных отложениях. Только в двух водоемах количество марганца в растениях в 2021 году превышало концентрацию, определенную для 2019–2020 годов, или было равно концентрации металла, определенной в 2019 году. Это участок реки выше черты города (д. Кленки) и оз. У-образное, причем эти водоемы испытывают различную антропогенную нагрузку.

Заключение. В процессе проведения исследований было установлено, что в пяти из одиннадцати водоемов содержание марганца за период исследования снижается, причем все водоемы испытывают различную антропогенную нагрузку и в донных отложениях данных водоемов не отмечено однонаправленного снижения концентрации металла. Разнонаправленное изменение в содержании марганца в макрофитах и в донных отложениях одних и тех же водоемов дает возможность предположить о поступлении металла в погруженные растения не столько из донных отложений в данных водных экосистемах, сколько из воды водоемов, хотя не стоит исключать работу механизма блокировки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – С. 156–170.

2. Уровень и температура воды в р. Сож по гидропосту г. Гомель сегодня [Электронный ресурс] / AllRivers Уровень воды онлайн. – Гомель, 2019. – Режим доступа: <https://allrivers.info>. – Дата доступа: 31.07.2021.

[К содержанию](#)

УДК 546.47:594.3(282.2)(476.2-21Гомель)

Т. В. МАКАРЕНКО¹, И. В. ЕЛАГИН¹, А. И. МАКАРЕНКО²

¹Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

²Беларусь, Гомель, ГомГМУ

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦИНКА В МЯГКИХ ТКАНЯХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В ВОДОЕМАХ Г. ГОМЕЛЯ

Цель работы – провести мониторинговые исследования содержания цинка в мягких тканях брюхоногих моллюсков в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования были выбраны два вида пресноводных моллюсков – прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis* L.) и живородка речная (*Viviparus viviparus* L.), широко распространенные виды в водоемах Республики Беларусь. Отбор проб производился в летне-осенний период 2019–2021 годов. Использовался метод ручного сбора по стандартной методике [1]. Исследования содержания цинка проводились в водоемах г. Гомеля и прилегающих к городу территорий с разным характером антропогенной нагрузки, а также на разных участках р. Сож. Для анализа использовались только мягкие ткани. Содержание тяжелых металлов в золе брюхоногих моллюсков определяли методом ISP масс-спектрометрии на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRСe (Perkin Elmer) на базе лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси.

Результаты исследований и их обсуждение. Высокий уровень загрязнения соединениями цинка на протяжении всего периода исследований характерен для особей обоих видов моллюсков, отобранных только на участке реки ниже административной черты города и в оз. Дедно (рисунок 1, 2).

Динамика в содержании токсиканта в мягких тканях прудовика и живородки практически во всех изучаемых водоемах одинакова: снижение концентрации металла в 2020 году в сравнении с 2019 годом и увеличение к 2021 году. Исключение составляют участок реки в парковой зоне (центр города) и участок реки ниже административной черты города, а также оз. Дедно. Пути поступления цинка в ткани живородки и прудовика различаются. В исследованиях живородка была отобрана практически во всех водоемах в илистой фракции донных отложений и редко на корягах, расположенных на дне. Прудовик собирался в данных водоемах в большей степени с водной растительности. Предполагалось, что концентрация токсиканта в тканях моллюсков разных видов в одном и том же водоеме будет различаться. Но при высоком содержании тяжелых металлов в абиотических компонентах в окружающей среде живые организмы разных видов начинают накапливать токсиканты независимо от видовой принадлежности, пропорционально содержанию в окружающей среде, так как происходит срыв механизма блокировки.

Полученные данные дают возможность предположить, что пути поступления цинка в изучаемых водоемах для моллюсков разных видов в большинстве случаев одинаковы, что, скорее всего, связано с высоким содержанием металла в абиотических компонентах изучаемых водоемов, с формами нахождения токсикантов в компонентах данных водных экосистем и с высокой доступностью цинка в донных отложениях в водоемах.

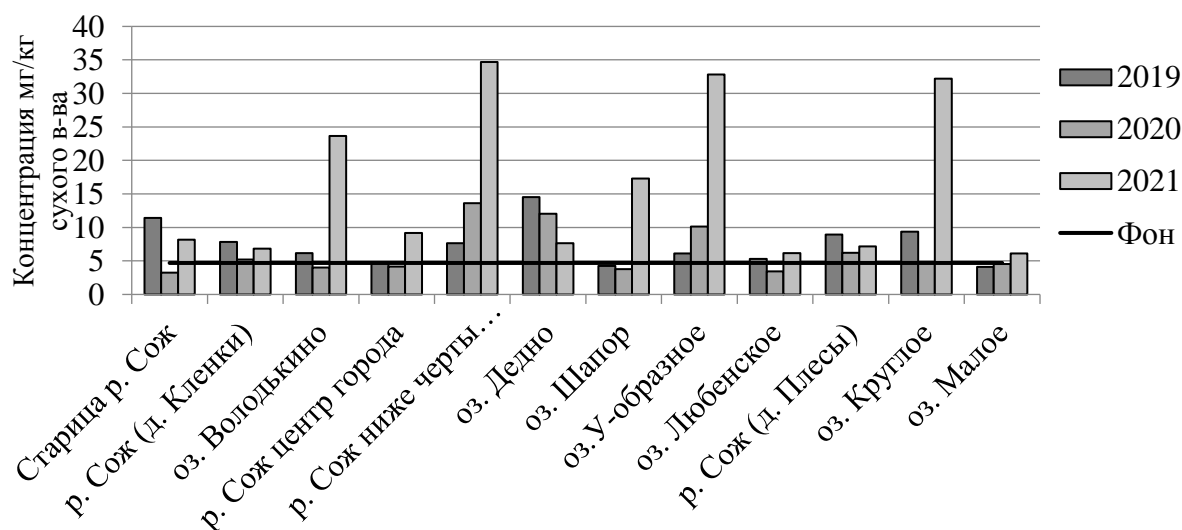


Рисунок 1 – Концентрация цинка в мягких тканях прудовика

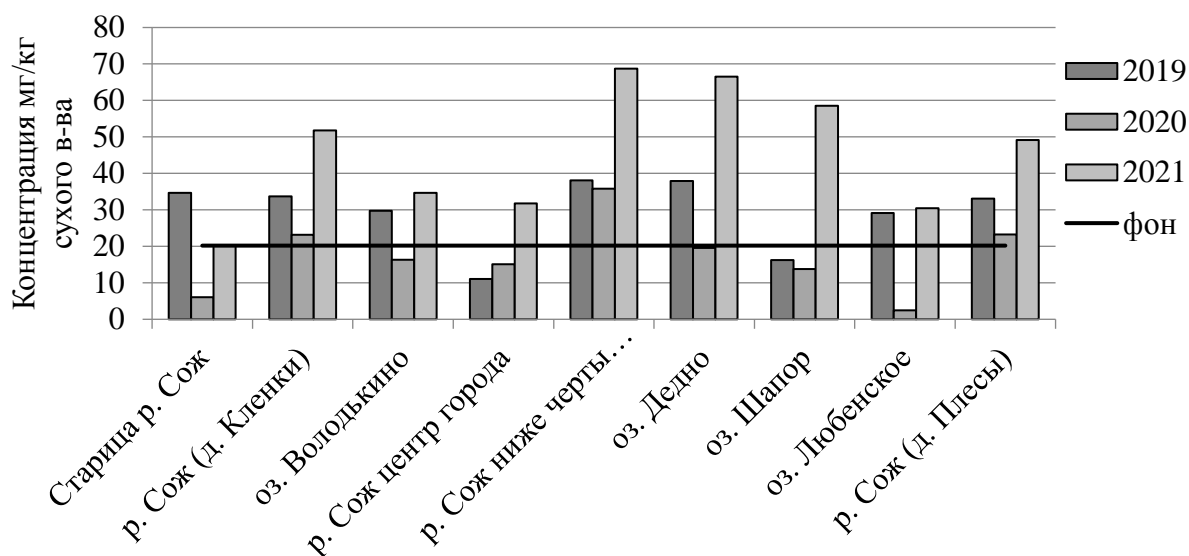


Рисунок 2 – Концентрация цинка в мягких тканях живородки

Незначительное изменение в концентрации соединений металла отмечено для донных отложений участков реки в парковой зоне, ниже административной черты города по течению реки и в оз. Любенском (рисунок 3).

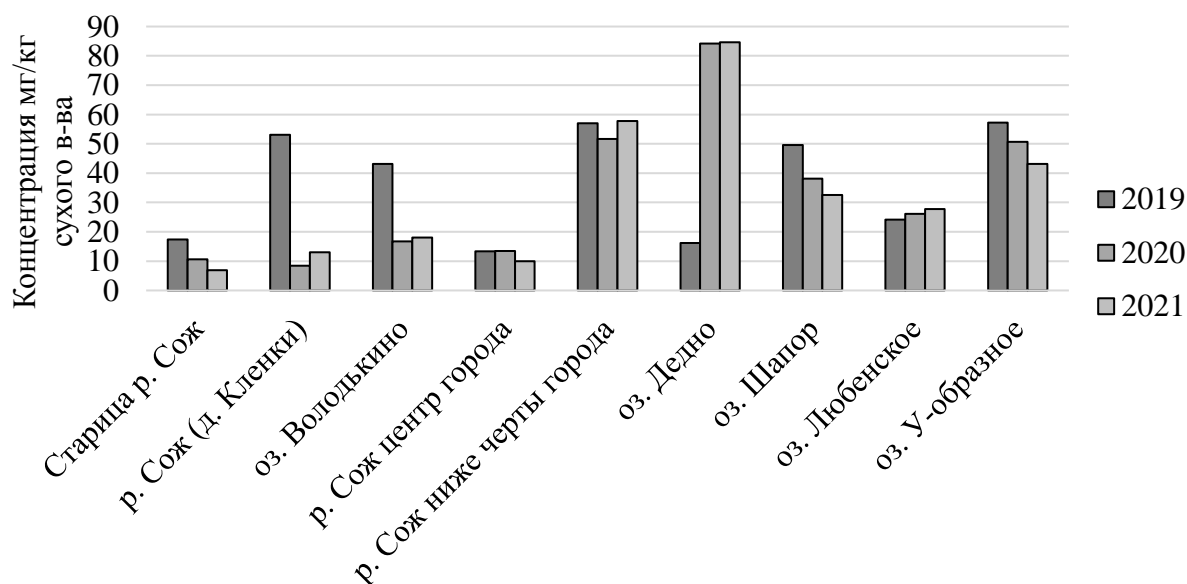


Рисунок 3 – Концентрация цинка в донных отложениях водоемов г. Гомеля

Участки реки в центре города (парковая зона) и ниже городской черты принимают поверхностные стоки с территории города, Гомельского речного порта, а также из различных водоемов, имеющих выход в р. Сож и расположенных на территории города. Оз. Любенское при-

мает поверхностные стоки с территории района Монастырек, который имеет частную застройку с большим числом огородов, и района Любенский, а, как известно, удобрения и пестициды содержат соединения тяжелых металлов [2]. Однако динамика содержания соединений цинка в моллюсках, отловленных на участках реки парковой зоны (центр города) и ниже административной черты города, различается как для особей одного вида, так и для особей изучаемых видов. У живородки в парковой зоне концентрация металла однонаправленно увеличивается, у прудовика увеличивается к 2020 году и снижается в 2021 году. У живородки, обитающей на участке реки ниже административной черты города, содержание цинка к 2020 году снижается и увеличивается в 2021 году до максимального уровня. В тканях прудовика на этом же участке реки концентрация токсиканта однонаправленно увеличивается за период исследований, достигая в 2021 году максимального уровня. Разнонаправленное изменение в содержании металла на одних и тех же участках реки для разных видов моллюсков указывает на существование различных путей поступления соединений цинка в ткани разных видов моллюсков и разную доступность металла в абиотических компонентах одного и того же водоема, а также с различиями в работе механизма блокировки у разных видов моллюсков. Только в оз. Любенском содержание цинка и у прудовика, и у живородки снижается в 2020 году в сравнении с 2019 годом, причем у живородки снижение составляло 12,1 раза, тогда как у прудовика 1,5 раза. В 2021 году концентрация металла увеличивается у особей обоих видов данного водоема и незначительно превышает величину, определенную в 2019 году.

Максимальное изменение в содержании соединений токсиканта как в тканях прудовика, так и в тканях живородки характерно именно для оз. Любенского, что дает возможность предположить о поступлении металла в водоем с поверхностным стоком, а также с сухими и влажными осадками на поверхность водоема. Такая же динамика, как и в оз. Любенском, характерна для особей прудовика в парковой зоне и живородки на участке реки ниже черты города: концентрация цинка в 2020 году снижается в сравнении с 2019 годом крайне незначительно, однако почти в 2 раза увеличивается в 2021 году.

В донных отложениях оз. Дедно содержание токсиканта за период исследований в 2020 году резко увеличивается и практически не изменяется в 2021 году. В тканях живородки концентрация металла в 2020 году снижается, затем в 2021 году увеличивается, причем значительно: различие между содержанием цинка в 2019 и 2020 годах составляет 5,2 раза, что объясняется, скорее всего, увеличением биологически доступных форм металла в донных отложениях и срывом механизма блокировки

и бесконтрольным поступлением токсиканта в ткани живородки. У прудовика более совершенная система контроля, препятствующая поступлению избытка токсикантов в организм, возможно, поэтому концентрация цинка у прудовика в оз. Дедно снижается. Можно предположить о более совершенной работе механизма блокировки поступления соединений металла у прудовика по сравнению с живородкой.

В 2021 году содержание цинка в тканях живородки было выше, чем в 2019 и 2020 годах во всех водоемах, за исключением старичного комплекса. У прудовика в 2021 году концентрация металла в большинстве водоемов превышала величину, полученную в 2019 году, кроме особей, обитающих в старичном комплексе, на участках реки выше города по течению и в оз. Дедно.

Снижение содержания соединений цинка в 2020 г. у моллюсков изучаемых видов в сравнении с 2019 годом может объясняться снижением антропогенной нагрузки на водные экосистемы вследствие проведения природоохранной политики Республики Беларусь. Повышение в 2021 году в сравнении с 2020 годом объясняется увеличением доступности токсиканта в результате изменения физико-химических условий водоема. В 2021 году в летний период отбора проб (июль-август) в связи с изменением климатических условий (снижение температуры, снижение количества осадков и др.) уровень содержания воды в водоемах снизился на метр и более [3]. Следовательно, в преддонных слоях воды увеличилась температура, увеличилось обогащение кислородом, что вызвало переход многих загрязнителей, содержащихся в донных отложениях, в биологически доступные формы.

Неожиданным явился факт высокого содержания цинка у прудовика и живородки на участке р. Сож в районе д. Кленки, расположенном значительно выше черты города. В тканях живородки и прудовика данного участка реки концентрация металла была выше фоновой величины (для прудовика фон составляет 4,7 мг/кг сухой массы, а для живородки – 20,2 мг/кг сухой массы) на протяжении всего периода исследований. Поверхностный сток, поступающий в р. Сож на данном участке, идет с огородов дачных участков, подходящих близко к урезу воды, что, возможно, явилось причиной загрязнения моллюсков участка реки соединениями цинка.

Заключение. Наблюдалась единая динамика в содержании соединений цинка в период исследований у живородки и прудовика: снижение концентрации в 2020 году в сравнении с 2019 годом и увеличение к 2021 году. Снижение концентрации в 2020 году связано с проведением природоохранной политики Республики Беларусь. Увеличение содержания соединений цинка к 2021 году связано в большей степени не с поступ-

лением токсикантов в водные экосистемы с поверхностным стоком, а также сухими и влажными выпадениями на водную гладь водоема, а с внутриводоемными процессами, когда металлы в донных отложениях переходят в доступные для биологических объектов формы и поглощаются живыми организмами, идет так называемое самоочищение водных экосистем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Волкова, В. А. Цинк в системе «почва-растение» при длительном применении минеральных удобрений в условиях южной лесостепи Омской области / В. А. Волкова, Н. А. Воронкова // *Агрономия. Сельскохозяйственные науки.* – 2021. – № 2. – С. 62–70.

3. Уровень и температура воды в р. Сож по гидропосту г. Гомель сегодня [Электронный ресурс] / AllRivers. Уровень воды онлайн. – Гомель, 2019. – Режим доступа: <https://allrivers.info/gauge/sozh-gomel>. – Дата доступа: 31.01.2023.

[К содержанию](#)

УДК 546.815:594.3(282.2)(476.2-21Гомель)

Т. В. МАКАРЕНКО¹, А. И. МАКАРЕНКО², Е. А. ПОПИЧЕВА²

¹Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

²Беларусь, Гомель, ГомГМУ

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА В МЯГКИХ ТКАНЯХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В ВОДОЕМАХ ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Среди техногенных веществ, поступающих в пресноводные водоемы, особое место занимают тяжелые металлы. Токсикологическое значение тяжелых металлов связано с особенностями физиологической роли их в живом организме, а также с тем, что в отличие от органических веществ металлы-загрязнители не подвергаются деструкции и, попав в биогеохимический цикл, остаются в нем, включаясь в круговорот веществ. Среди беспозвоночных животных моллюскам принадлежит существенная роль в аккумуляции тяжелых металлов как из корма, так и непосредственно из водной среды или донных отложений. Являясь

активными концентраторами многих микроэлементов, пресноводные моллюски потенциально могут служить индикаторами загрязнения своей среды обитания, отражая степень биодоступности тяжелых металлов из воды и донных отложений [1].

Цель работы – изучение накопления свинца в мягких тканях брюхоногих моллюсков в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий с различающейся степенью антропогенной нагрузки.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования были выбраны моллюски класса Брюхоногие (Gastropoda): живородка обыкновенная – *Viviparus viviparus* L., прудовик обыкновенный – *Lymnaea stagnalis* L. Для отлова моллюсков использовали дночерпатель и применяли ручной сбор. Мягкие ткани отделяли от раковин, сушили, а затем озоляли до белой золы в муфельной печи при 450 °С. Донные отложения отбирались по стандартной методике [2]. Отобранные образцы высушивались до воздушно-сухого состояния. Ситовым методом выделялась фракция менее 1 мм, затем пробы озолялись при 450 °С. Содержание тяжелых металлов в золе брюхоногих моллюсков и донных отложений определяли методом ISP масс-спектрометрии, на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRCe (Perkin Elmer), на базе лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси.

В качестве параметра миграции химических токсикантов, в том числе и тяжелых металлов, в трофических звеньях гидробионтов применяется коэффициент накопления (K_n), представляющий собой отношение концентрации металла в ткани (органе или целом организме) к концентрации металла в пищевом субстрате (или среде обитания).

$$K_n = \frac{\text{Концентрация элемента в организме (мг/кг)}}{\text{Концентрация элемента в субстрате (мг/кг)}}.$$

В наших исследованиях в качестве исходного потенциального поставщика свинца в организм моллюсков (субстрата) рассматривались донные отложения.

Результаты и их обсуждение. Для прудовика и живородки пути поступления как питательных веществ, так и токсикантов в организм различаются. Живородка в большей степени поглощает металлы из воды и донных отложений, а также из водных растений и других объектов, на которых поселяется как обрастатель. Прудовик в большей степени поглощает металлы из растений, но и опосредованно из донных отложений через растения, хотя часть прудовиков в изучаемых водных экосистемах была собрана с перегнивающих водных растений на дне водоема. Именно поэтому расчет коэффициента накопления для прудовика проводился по донным отложениям.

Различные пути поступления металлов в ткани живородки и прудовика подтверждаются различной динамикой накопления металлов в тканях изучаемых видов моллюсков в одном и том же водоеме (рисунок 1, 2). Однако при высоком уровне загрязнения и при высокой доступности металлов в отложениях накопление токсикантов в тканях прудовика и живородки может идти синхронно. Так, в проведенных исследованиях в озерах Володькино, Дедно и Любенское динамика накопления свинца в тканях живородки и прудовика одинакова. В вышеперечисленных водоемах, кроме оз. Дедно, коэффициент накопления однонаправленно увеличивается, причем изменение в сторону увеличения составляет 1,3–5 раз. В оз. Дедно коэффициент накопления в 2020 году снизился в 1,8 раза для живородки и в 3 раза для прудовика в сравнении с 2019 годом, а к 2021 году увеличился в 2,3 раза. Синхронные изменения в накоплении металла могут быть следствием высокого содержания доступных форм металлов в компонентах водоемов и возможного срыва механизма блокировки, когда металлы могут бесконтрольно поступать в живые организмы.

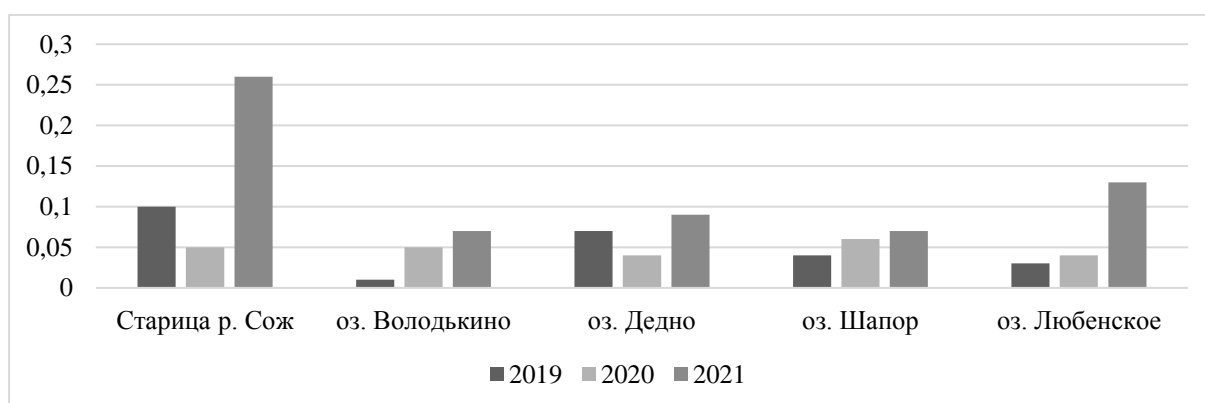


Рисунок 1 – Коэффициенты накопления свинца в тканях живородки, мг/кг

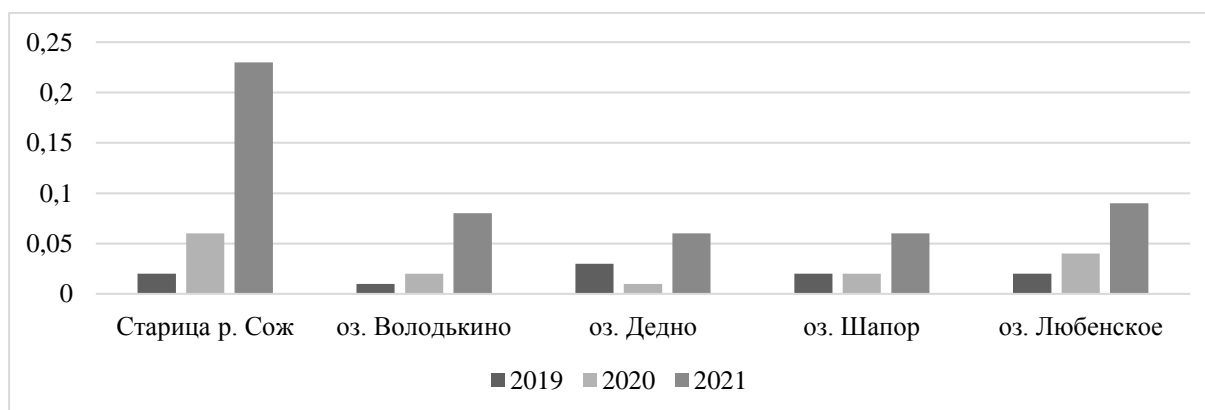


Рисунок 2 – Коэффициенты накопления свинца в тканях прудовика, мг/кг

В большинстве случаев накопление свинца у прудовика и живородки увеличивалось за период исследований. Максимальное значение коэффициента накопления металла отмечено в 2021 году.

Примечателен тот факт, что в водоемах, где снижается содержание металлов в донных отложениях, в тканях моллюсков обоих видов накопление металлов увеличивается. Увеличение накопления металлов в тканях моллюсков является следствием в первую очередь доступности металлов в донных отложениях и воде водоемов. В вышеназванных водоемах, кроме оз. Дедно, наблюдается процесс самоочищения, когда из донных отложений металлы переходят в воду и биологические системы и затем удаляются из водоемов [3]. Возможно, в данные водоемы соединения свинца не поступают с поверхностным стоком. В оз. Дедно содержание металла в донных отложениях возрастает к 2020 году и остается на таком же уровне в 2021 году, но у моллюсков водоема в 2020 году, когда концентрация металлов в донных отложениях только увеличилась, механизм блокировки смог противостоять поступлению металлов в ткани, и накопление свинца снизилось в сравнении с 2019 годом. Но в 2021 году накопление металла в моллюсках начало увеличиваться, причиной чего может служить срыв работы механизма блокировки поступления металлов извне в доступных для моллюсков формах.

В старице р. Сож, где содержание свинца в донных отложениях минимальное, у живородки и прудовика динамика накопления различается, и коэффициент накопления у живородки пусть незначительно (в 1,1–5 раз), но выше. Причем у прудовика накопление металла однонаправленно увеличивается, достигая максимума в 2021 году, что в 2,6–3,8 раза выше, чем во всех водоемах, где проводились исследования. У живородки накопление металла в 2020 году снижается практически в 2 раза по отношению к 2019 году, но к 2021 году достигает максимума значения в сравнении с другими водоемами (в 1,3–8,7 раза выше). Возможно, механизм блокировки у прудовика более совершенен, чем у живородки, и даже незначительная концентрация металлов в донных отложениях может оказаться достаточной, чтобы механизм блокировки перестал работать и особи прудовика накапливали все доступные формы металлов. Факт высокого накопления металла в тканях обоих видов в чистом водоеме – старичном комплексе – явился неожиданным. Хочется отметить, что максимум накопления пришелся на тот период, когда в донных отложениях концентрация металла была минимальной [4].

Увеличение содержания металла в донных отложениях и однонаправленное увеличение накопления металла и для живородки, и для прудовика в оз. Шапор свидетельствуют о загрязнении водной экосистемы соединениями свинца. Соединения свинца поступают в водоем с поверх-

ностным стоком, идущим с территории предприятий ОАО «Гомельдрев», «Гомельобои» и ФСК, а также частного сектора и автодорог района Новобелица.

Заключение. Для большинства водоемов отмечена обратная зависимость между содержанием свинца в донных отложениях и коэффициентом накопления, что подтверждает вторичное загрязнение водных экосистем тяжелыми металлами и отсутствием поступления в большинство водоемов соединений свинца извне. У прудовика коэффициент накопления свинца имеет более низкие значения, чем у живородки, причем в одних и тех же водных экосистемах, что является признаком того, что свинец – более токсичный элемент для прудовика в сравнении с живородкой. С учетом вышесказанного живородка более пригодна для оценки загрязнения донных отложений водоема соединениями свинца.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаренко, Т. В. Изучение содержания и накопления ванадия в мягких тканях моллюсков в водоемах г. Гомеля / Т. В. Макаренко, В. В. Помозова, А. И. Макаренко // Актуальные проблемы экологии : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 24–26 окт. 2012 г. – Гродно : ГрГУ, 2012. – С. 49–51.
2. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
3. Логинова, Е. В. Гидроэкология : курс лекций / Е. В. Логинова, П. С. Лопух. – Минск : БГУ, 2011. – 231 с.
4. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 240 с.

[К содержанию](#)

УДК 546.73:627.157(28)(476.2-21Гомель)

Т. В. МАКАРЕНКО, М. А. ПАНТЕЛЕЕНКО, О. В. ПЫРХ
Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОБАЛЬТА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДОЕМОВ Г. ГОМЕЛЯ

Цель работы – мониторинговые исследования содержания кобальта в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследований были выбраны донные отложения водоемов г. Гомеля, испыты-

вающих различную антропогенную нагрузку. При отборе проб донных отложений использовали стандартные методики. Пробы высушивались до воздушно-сухого состояния и озолялись до абсолютно-сухого состояния в муфельной печи при температуре 450 °С [1]. Содержание металлов в золе донных отложений определяли методом ISP масс-спектрометрии, на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Elan DRСe (Perkin Elmer), на базе лаборатории радиоэкологии Института радиобиологии НАН Беларуси.

Результаты исследования и их обсуждение. Отложения водоемов, расположенных выше черты города по течению р. Сож, а именно старицы р. Сож, участка р. Сож (выше г. Гомеля) в районе д. Кленки и оз. Володькино, в 2010 и 2019 годах содержали примерно одинаковое количество кобальта. В отложениях оз. Володькино отмечено увеличение концентрации металла в 2019 году по сравнению с 2010 годом, что не характерно для других изучаемых водоемов (рисунок). В донных отложениях остальных водных экосистем отмечалось снижение содержания металла в 3,2–5,8 раза в 2019 году в сравнении с 2010 годом. Максимальное снижение концентрации кобальта в 5,8 раза характерно для отложений оз. Любенское. Снижение содержания соединений тяжелых металлов, и в частности кобальта, является следствием проведения природоохранной политики в Республике Беларусь. Если в 2010 году отложения старичного комплекса содержали минимальное количество металла, то в 2019 году концентрация кобальта в старичном комплексе превысила содержание соединений данного элемента в донных отложениях водных экосистем г. Гомеля, испытывающих значительную антропогенную нагрузку, как например оз. Дедно, Шапор и Малое. Но в период с 2020 года по 2021 год содержание ионов кобальта в отложениях старичного комплекса практически не менялось (незначительное снижение в 2020 году и сохранение концентрации в 2021 году на том же уровне). Если в 2020 году отложения старицы р. Сож содержали минимальное количество металла, то в 2021 году в донных отложениях водоемов города концентрация соединений кобальта была даже ниже, чем в старице (участок р. Сож парковой зоны и оз. Любенское). Единой динамики снижения содержания концентрации кобальта в период с 2019 по 2021 год не наблюдалось. Только для отложений оз. Круглое и Володькино, а также р. Сож парковой зоны отмечено уменьшение содержания соединений кобальта на протяжении всего периода исследований. В период с 2019 по 2021 год наблюдалось снижение содержания кобальта на протяжении всего периода исследования для пяти водоемов из одиннадцати, испытывающих различную антропогенную нагрузку.

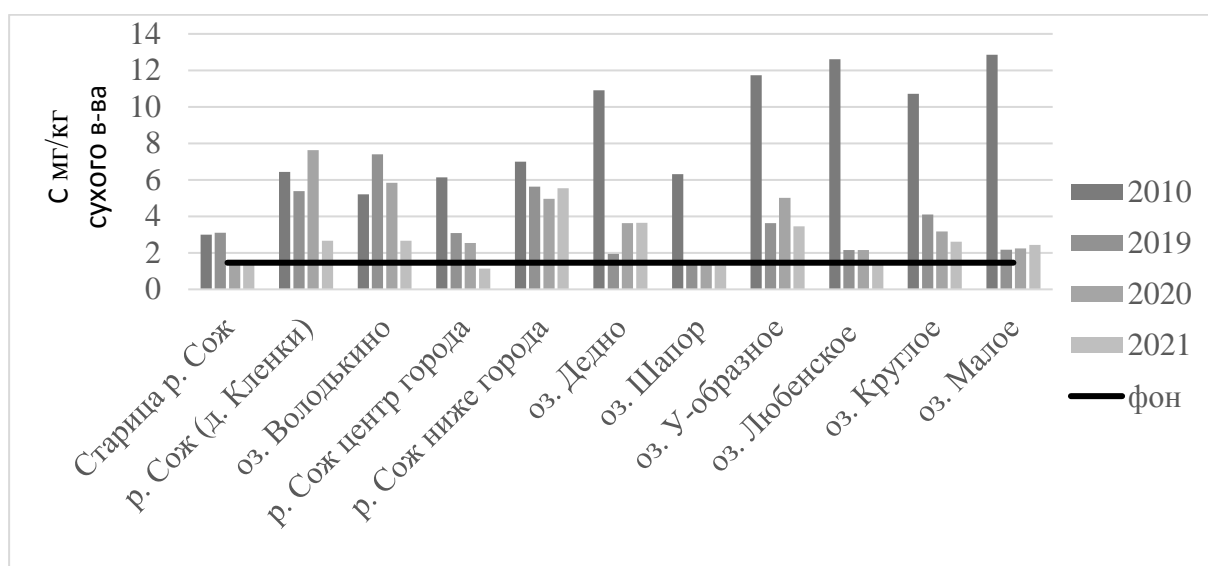


Рисунок – Концентрация кобальта в донных отложениях водоемов г. Гомеля

В 2019 году максимальное содержание кобальта отмечено для водоема, расположенного выше черты города – оз. Володькино, что объяснить довольно сложно, так как концентрация практически в 4,5 раза и более превышает величины, определенные для некоторых городских водных экосистем, принимающих сточные воды предприятий (оз. Дедно). В период с 2019 по 2021 год содержание кобальта в отложениях оз. Володькино снижается, причем максимальное уменьшение характерно в период с 2020 по 2021 год. Возможно, в оз. Володькино был осуществлен выброс стоков, содержащих значительное количество соединений кобальта. В оз. Володькино впадает р. Ипуть, которая принимает стоки г. Добруша.

На участке р. Сож выше черты Гомеля по течению и в оз. У-образное содержание металла в 2020 году увеличилось в 1,5 раза, но к 2021 году значительно снизилось. Объяснить такую динамику для водных экосистем с разной антропогенной нагрузкой довольно сложно, причем в оз. У-образное в период с 2019 по 2020 год содержание ионов кобальта ниже, чем на участке р. Сож до принятия поверхностных стоков г. Гомеля, хотя озеро испытывает большую антропогенную нагрузку. Вряд ли поверхностный сток с огородов дачных участков может столь значительно повлиять на загрязнение донных отложений участка р. Сож. Необходимо провести дополнительные исследования путей поступления загрязнителей в р. Сож выше черты города с учетом того факта, что и в отложениях оз. Володькино, расположенном выше черты города, содержание кобальта в донных отложениях пусть и не максимально, но выше, чем в городских водоемах. Поверхностный сток, поступающий в оз. Шапор с территорий предприятий ОАО «Гомельдрев» и филиала «Гомельобой» ОАО «ЦБК-Консалт»,

практически не содержит соединений кобальта, так как с 2019 по 2021 год в отложениях водоема определена практически минимальная концентрация металла. В донных отложениях оз. Малое содержание кобальта в период с 2019 по 2021 год практически не меняется. На концентрацию металла в отложениях не оказало влияния полное удаление водной растительности из водоема в 2020 году. Как известно, водные растения являются биологическими фильтрами и активно очищают воду и донные отложения водных экосистем. В оз. Дедно отложения в 2019 году не были загрязнены соединениями металла, но к 2020 году содержание увеличилось в 1,9 раза и не изменилось в 2021 году, что свидетельствует об увеличении загрязнения донных отложений водоема соединениями кобальта. Участок р. Сожа ниже административной черты г. Гомеля содержал значительное количество соединений металла, но только в 2021 году концентрация кобальта была максимальной среди всех изучаемых водных экосистем, что также подтверждает влияние поверхностного стока города на донные отложения речной системы Сожа.

Заключение. Содержание кобальта в донных отложениях изучаемой территории снизилось в 2019 году в сравнении с 2010 годом в 3,2–5,8 раза, за исключением отдельных водоемов, что является следствием проведения природоохранной политики в Республике Беларусь. Снижение содержания металла в 2020–2021 годах характерно для донных отложений пяти водоемов из одиннадцати, испытывающих различную антропогенную нагрузку, что указывает на наличие соединений металла в выбросах предприятий города.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
2. Позднякова, А. И. Тяжелые металлы в системе «донные отложения – водная растительность» речных экосистем в зоне наблюдения Белорусской атомной станции / А. И. Позднякова // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. – 2020. – № 3. – С. 41–52.

[К содержанию](#)

УДК 634.11:631.524.85

Н. М. МАТУСЕВИЧ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**АНАТОМО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЗИМОСТОЙКОСТИ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ
MALUS DOMESTICA BORKH.**

Основной плодовой культурой в Республике Беларусь является яблоня. Она занимает свыше 70 % общей площади плодовых насаждений. Лучше всего яблоня растет и плодоносит на культурных дерново-подзолистых почвах, имеющих слабокислую реакцию, насыщенных основаниями и обогащенных гумусом на глубине до 30–35 см в результате систематического применения органических удобрений. Широкое распространение яблони объясняется ее биологическими и хозяйственными качествами: высокой приспособленностью к различным почвенно-климатическим условиям, что позволяет ее культивировать от субтропиков до наиболее суровых районов, обилием видов и сортов, дающим возможность подобрать формы, пригодные для самых разнообразных условий культуры. Обладает устойчивостью и долговечностью деревьев, высокой урожайностью [1].

Температурный режим в жизни плодового растения играет огромную роль. Сильные морозы, глубокие зимние оттепели, весенние и осенние заморозки часто обуславливают сильное повреждение плодовых деревьев, а иногда и гибель. Различные плодовые породы и даже сорта неодинаково зимостойки. Поэтому успех культивирования яблонь в Республике Беларусь зависит от их зимостойкости и способности адаптироваться к перенесению низких температур. В решении проблемы зимостойкости растений основная роль отводится физиолого-биохимическим исследованиям, однако нельзя отрицать и необходимость изучения анатомических особенностей строения растений. В зимний период растения подвергаются действию не только морозов, но и других неблагоприятных факторов (образование ледяной корки, выпревание, вымокание и возврат холодов), и, следовательно, растения должны проявлять устойчивость к зимним условиям среды.

Зимостойкость – это способность растений переносить различные неблагоприятные условия в течение холодного времени года. Смену морозов оттепелями, а оттепелей морозами растения переносят гораздо хуже, чем устойчивые сильные морозы [2].

Как известно, главными защитными приспособлениями, кроме биохимических (содержание крахмала и динамика превращения его в сахара), является развитие в стеблях вторичной покровной ткани – перидермы, а также строение наружных почечных чешуй, предназначенных для защиты зимующих почек, от которых зависит возобновление роста побегов следующей весной [3].

Смена крахмала сахарами начинается с наступлением осенних холодов. С возвращением теплой погоды весной в органах растений вновь появляется крахмал, а содержание сахаров уменьшается. Эта смена считается основной причиной холодостойкости: сахар является специфическим, защищающим от вымерзания веществом, и накопление его сильно повышает выносливость, а переход его в крахмал сопровождается падением холодостойкости. Содержание крахмала зимой снижается вследствие его превращения при низких температурах в сахарозу [4].

Наличием количества крахмала можно определить физиологическое состояние растения, так как степень его превращения коррелируется с зимостойкостью и морозоустойчивостью. Чем раньше, интенсивнее и полнее происходит превращение крахмала, тем больше образуется веществ, защищающих растения от мороза. Присутствие масла в клетках снижает содержание воды в протоплазме, в связи с чем она становится менее подверженной губительному действию мороза [5].

Перидерма – это сложный комплекс, состоящий обычно из трех тканей, следующих друг за другом от внешней поверхности органа к внутренним его частям. Наружная ее ткань – феллема (или пробка) представляет собственно покровную ткань, выполняющую защитные функции. Защитные свойства пробки обусловлены наличием в клеточных оболочках суберина. Присутствие суберина в оболочках клеток пробки придает особые свойства феллеме – непроницаемость для газов, воды, сопротивляемость действию ферментов, проникновению чужеродных организмов, что способствует выполнению пробкой защитных функций как в условиях высоких летних температур, так и низких зимних [6].

Почка представляет собой зачаточный видоизмененный побег с очень укороченными междоузлиями. Различают две группы почек: закрытые и открытые. Почки, имеющие кроющие чешуи, которые предохраняют растения от усыхания, от ожогов лучами солнца, от резких изменений температур, называются закрытыми [7].

Объектами исследования явились три сорта яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.) разных сроков созревания: Мелба, Антоновка обыкновенная, Спартан.

Мелба – ранний сорт. Дерево характеризуется средней силой роста и широкоовальной кроной средней густоты. Сорт самобесплодный.

Лучшими опылителями являются Папировка и Уэлси. Достоинства сорта – регулярное плодоношение, один из лучших летних сортов по урожайности, скороплодности, вкусовым качествам, представляет интерес как исходная форма при создании летних сортов. Недостатки сорта – сильное поражение паршой во влажные годы.

Антоновка обыкновенная – средний сорт. Дерево сильнорослое. Достоинства сорта: как ведущий промышленный сорт ценится за зимостойкость, неповторимый аромат плодов, обладает высокой экологической приспособленностью, урожайностью, высокой товарностью плодов, пригоден для потребления в свежем виде, для различных видов переработки и мочения. Недостатки сорта: плодоношение периодичное, в дождливые годы плоды и листья значительно поражаются паршой, непродолжительный срок хранения.

Спартан – поздний сорт. Дерево среднерослое. Достоинства сорта: достаточно зимостоек, отличается высокой скороплодностью, регулярное умеренное плодоношение. Недостаток сорта – среднеустойчив к парше [8].

Изученные сорта отличаются друг от друга строением перидермы. Наиболее мощная она у сорта Спартан: достигает 70–72 мкм в толщину. У сорта Антоновка обыкновенная перидерма 60–66 мкм в толщину, у сорта Мелба перидерма толщиной 58–60 мкм. У всех сортов перидерма способна защитить стебель от неблагоприятных факторов среды в зимний период. Ткань имеет типичное строение (феллема, феллоген, феллодерма), но отличается друг от друга по количеству слоев клеток, по толщине наружной оболочки клеток феллемы.

Количество наружных почечных чешуй у исследованных сортов яблони составляет в среднем 4–8. Наружная эпидерма их покрыта кутикулой, толщина которой у сорта Спартан составляет 64–78 мкм, у сорта Антоновка обыкновенная – 57–72 мкм, сорта Мелба – 26–35 мкм. Выполнению защитной функции способствует и перидерма, лежащая под эпидермой. У сорта Мелба один слой клеток феллемы, у сорта Антоновка обыкновенная она двухслойная, у сорта Спартан в чешуях залегает 3–4 слоя клеток феллемы.

В качестве критерия физиолого-биохимических показателей зимостойкости использовали методику количественного определения крахмала в стебле трех сортов *Malus domestica* Borkh. [9] и проводили сравнительный анализ процентного содержания крахмала зимой (в январе) и весной (в марте).

Как показал анализ, побеги исследуемых сортов отличаются уровнем накопления крахмала зимой и весной. В зимнее время содержание крахмала в однолетних стеблях у изученных сортов яблони домашней уменьшается, так как он превращается в сахар. В январе содержание его

составляет у сорта Мелба 3,3 %, у сорта Антоновка обыкновенная – 3,2 %, у сорта Спартан – 2,75 %. С наступлением весны происходит обратный процесс: сахара начинают обратно превращаться в крахмал, поэтому его содержание увеличивается. В марте в однолетних стеблях содержание крахмала составляет 4 % у сорта Мелба, 4,3 % у сорта Антоновка обыкновенная и 4,8 % у сорта Спартан.

Изученные сорта можно отнести к зимостойким, так как они имеют комплекс приспособлений к перенесению низких зимних температур. Основными климатическими факторами, лимитирующими получение стабильных урожаев плодов в садоводстве, являются морозы на различных этапах перезимовки растением, поздневесенние заморозки, воздушная и почвенная засухи и высокие температуры в летний период.

Исходя из проведенных исследований анатомо-биохимических особенностей трех сортов яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.) разных сроков созревания, можно сделать вывод, что большую зимостойкость показывает сорт Спартан, но все три сорта (Мелба, Антоновка обыкновенная и Спартан) могут быть рекомендованы для интродукции в условиях г. Бреста как морозоустойчивые сорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паско, П. Ф. Сад и огород на приусадебном участке / П. Ф. Паско. – Минск : Ураджай, 1992. – 543 с.
2. Проценко, Д. Ф. Морозостойкость плодовых культур СССР / Д. Ф. Проценко. – Киев, 1958. – 450 с.
3. Косулина, Л. Г. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / Л. Г. Косулина, Э. К. Луценко, В. А. Аксенова. – Ростов н/Д, 1993. – 636 с.
4. Васильев, И. М. Как зимуют растения / И. М. Васильев. – М. : Колос, 1970. – 168 с.
5. Гулисашвили, В. З. Превращение запасных веществ у древесных растений в связи с зимостойкостью / В. З. Гулисашвили, А. А. Канделаки, Е. Е. Капанадзе. – Тбилиси : Мецниереба, 1979. – 72 с.
6. Еремин, В. М. Растительные ткани / В. М. Еремин, М. П. Жигар. – Брест : Брест. гос. пед. ин-т, 1991. – 59 с.
7. Новикова, Н. А. Рост и развитие почек у некоторых древесных растений / Н. А. Новикова. – Минск : Наука и техника, 1986. – 120 с.
8. Колесников, Е. В. Яблоня и груша / Е. В. Колесников. – 2-е изд. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 56 с.
9. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов / И. С. Шумилин [и др.]. – М. : Гос. стандарт союза СССР, 1992. – 16 с.

[К содержанию](#)

УДК 577.175.19

А. В. МЕЛЮХ, П. С. ТЕРЁХИНА, О. В. КОРЗЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НА РАСТЕНИЯ БРАССИНОСТЕРОИДОВ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

В настоящее время активно изучаются вопросы, касающиеся биологических свойств брассиностероидов (БС), совершенствуются технологии их синтеза и выделения природных соединений, разрабатываются на их основе новые препараты для применения в растениеводстве. Препараты на основе БС обладают широким спектром стимулирующего и защитного действия, что приводит к увеличению урожайности и повышению качества сельскохозяйственной продукции. Они эффективные иммуномодуляторы, увеличивают устойчивость растений к стрессу, фитопатогенам, болезням, регулируют рост и развитие растений, улучшают бутано- и плодообразование, способствуют обильному цветению. БС также поддерживают нормальное функционирование иммунной системы растений, особенно в неблагоприятных условиях, таких как низкие температуры, заморозки, наводнения, засуха, болезни, пестициды и засоленность почвы [1]. Они присутствуют в клетках растений в очень малых количествах. Концентрация биосинтетических ферментов брассиностероидов наиболее высока в молодых тканях растений, таких как этиолированные проростки, меристема, цветочные капсулы.

БС играют ключевую роль в регуляции развития, роста: активируют деление и растяжение клеток, в результате стебель удлиняется и утолщается; стимулируют разворачивание листьев, дифференцировку ксилемы. Как и ауксины, усиливают растяжение проростков, но реакция более медленная. По-видимому, ауксины запускают процесс, а БС нужны для его большей продолжительности [1]. Выяснение этих механизмов действия все еще находится на ранней стадии и требует дальнейших детальных исследований. Регуляторная роль БС в растениях проявляется в различных метаболизмах, включая стимуляцию процессов роста, интенсивности фотосинтеза, изменения в белковом обмене и поступлении ионов и многих других сторон обмена веществ. Открытие устойчивости к стрессам окружающей среды, таким как высокие и низкие температуры, засуха и засоление, также является основой для расширения области применения брассиностероидов. БС регулируют дифференцировку тканей листа. При их недостатке плохо формируется столбчатый мезофилл и образуется меньше проводящих пучков в листовой пластинке. БС ингибируют образование

корней. После обработки ими этиолированные растения приобретают нормальный вид. Они увеличивают количество полиненасыщенных жирных кислот в мембранах. Многочисленные исследования показали, что БС являются растительными гормонами, участвующими в физиологических и молекулярных процессах, которые позволяют растительным клеткам преодолевать последствия различных биотических и абиотических факторов, как самостоятельно, так и взаимодействуя с другими растительными гормонами. Сегодня БС идентифицированы как группа из более чем 70 веществ, различающихся по своей структуре и физиологической активности [2]. Они присутствуют в растениях как в свободной форме, так и в форме конъюгатов, во всех органах, в нано- и пикограммовых количествах на грамм сырой массы. Воздействие БС на растения стимулирует накопление в них сахарозы, а также активирует ферменты биосинтеза пролина, т. е. осмопротектантов, участвующих в процессе развития устойчивости растений к действию низких температур. Кроме того, БС уменьшают разрушение хлорофилла, вызываемое низкотемпературным стрессом, и повышают эффективность функционирования фотосистемы II.

Способность БС нейтрализовать воздействие стрессовых условий среды представляет интерес для исследователей из-за их потенциального использования в сельскохозяйственном производстве [3]. В связи с этим изучение механизмов стресс-устойчивости находится под пристальным вниманием исследователей всего мира и относится к числу важнейших проблем растениеводства, поскольку знание цепи индуцируемых в ответ на повреждающие факторы среды защитных реакций и путей их регуляции может реально способствовать целенаправленному управлению механизмами адаптации для повышения устойчивости и продуктивности культур.

Использование регуляторов роста растений является общепринятым подходом для решения этой задачи, однако очевидно, что для практического растениеводства наибольший интерес вызывают те из них, которые сочетают ярко выраженное ростстимулирующее и антистрессовое действие на растения в отношении разных по природе неблагоприятных факторов среды [4]. К таковым, в частности, относятся препараты, созданные на основе брассиностероидов, эффективность применения которых при разных способах обработки исследуется очень активно.

Благодаря последним достижениям в технике разделения природных соединений и успехам в установлении их строения, получение новых индивидуальных БС из ранее не обследованных видов растений очень быстро возрастает [5]. Для испытания их биологической активности применяют самые разные способы биотестирования, что приводит к обнаружению соединений с самыми различными свойствами. Все это открывает новые перспективы в применении БС в самых разнообразных областях

биотехнологии, а также медицины и сельского хозяйства. Без применения современных средств химизации сельского хозяйства невозможно получение высокого урожая самых различных культур.

Таким образом, современные регуляторы роста растений незаменимы для повышения всхожести и энергии прорастания семян, они способны повышать иммунитет растений, устойчивость к неблагоприятным условиям роста и стрессовым ситуациям, ускорять цветение, плодоношение, повышать урожайность, обеспечивать экологическую чистоту урожая. Все это делает регуляторы роста растений просто незаменимыми при выращивании сельскохозяйственных культур как в крупных сельскохозяйственных предприятиях, так и в личной практике садоводов-любителей, на личных приусадебных участках [6].

Высокая биологическая эффективность и безопасность применения brassinosteroidов в современном растениеводстве представляет дальнейший интерес к изучению данных соединений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 288 с.
2. Шакирова, Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция / Ф. М. Шакирова. – Уфа : Гилем, 2001. – 160 с.
3. Авальбаев, А. М. Физиологическое действие фитогормонов класса брассиностероидов на растения / А. М. Авальбаев, Р. А. Юлдашев, Ф. М. Шакирова // Успехи соврем. биологии. – 2006. – Т. 126, № 2. – С. 192–200.
4. Брассины – новое семейство растительных гормонов из пыльцы рапса / Дж. У. Митчелл [и др.] // Природа. – 1990. – № 225. – С. 165–168.
5. Байгуз, А. Метаболизм брассиностероидов в растениях / А. Байгуз // Физиология и биохимия растений. – 2007. – № 45 (2). – С. 95–107.
6. Корзюк, О. В. Гормональная регуляция энергии прорастания и всхожести гороха посевного / О. В. Корзюк // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : сб. материалов IV Респ. науч.-практ. экол. конф., Брест, 25 нояб. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. М. Матусевич, Н. В. Шкуратова, М. В. Левковская. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 131–134.

[К содержанию](#)

УДК 54:504+678.742.21+771.523.4

Д. И. МИСЮЛЯ

Беларусь, Брест, СШ № 24 г. Бреста

О ТОКСИЧНОСТИ ПРОДУКТОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ НЕКОТОРЫХ ПОЛИМЕРОВ

В настоящее время активно развивается структура потребления, а также требования, предъявляемые к потребляемой продукции в зависимости от ее рода. Если речь идет о промышленных товарах, то важным является вопрос их упаковки, защиты от повреждений. В случае пищевой продукции требований гораздо больше. Удовлетворять таким требованиям позволяют полимерные материалы с присущими им уникальными свойствами, такими как гибкость, эластичность, прочность и инертность по отношению к упакованному в него продукту. Нетрудно догадаться, что развитая структура производства продукции наряду с широким применением полимерных материалов создает проблему накопления отходов различных полимеров. Логическим ответом на такую ситуацию становится развитие методов переработки последних. Однако же наряду с достаточно инновационными методами переработки сохраняются и некоторые устаревшие, такие как сохранение на полигонах [1] и сжигание [2].

В связи с вышесказанным, цель настоящей работы – оценить токсичность продуктов окислительной термической деструкции двух распространенных полимеров – полиэтилена низкого давления (ПНД) и полиэтилен-терефталата (ПЭТ). Объект исследования – растворы, полученные посредством пропускания газов, образовавшихся при термической деструкции ПНД и ПЭТ через воду. Предмет исследования – токсичность вышеуказанных растворов по отношению к семенам фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.).

Материалы и методы. Навески полимеров около 3 г, полученные из одинаковых пакетов из ПНД и одинаковых бутылок из ПЭТ, помещали в колбу из жаропрочного стекла. Колба подключалась к системе трубок, ведущей к другой колбе с водной ловушкой (объем воды 250 см³). Циркуляция газов в системе обеспечивалась вручную (при помощи резиновой груши с клапаном). Электропроводность растворов измеряли датчиком ЭПР-1 (мСм/см²). 40 см³ полученного после окислительной термической деструкции раствора обрабатывали по пять семян фасоли в каждой чашке Петри (всего на каждый вариант – 50 семян). Контроль – 40 см³ водопроводной воды. Орошение 30 см³ водопроводной воды проводили по мере усыхания семян. Продолжительность наблюдения за семенами – 18 суток. Адсорбцию проводили на активированном угле (500 мг на 250 см³

раствора). Статистическая достоверность оценивалась с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Учитывая строение полимеров ПНД и ПЭТ, можно предположить, что во втором случае ожидается обильное количество продуктов термической деструкции. Достаточно давно известно, что при окислительной термической деструкции полиэтилена образуются различные продукты, малорастворимые в воде [3, с. 177]: *n*-алканы, *n*-алкены, *n*-диеновые углеводороды и циклические углеводороды. В случае же полиэтиленетерефталата этот список обширнее. Если речь о сравнительно простых продуктах термической деструкции ПЭТ, то это бензол, метан, этилен и, наконец, уксусный альдегид (до 80 % от всех газообразных продуктов). Среди продуктов более сложного строения встречается множество сложных эфиров алкил-замещенной бензойной кислоты (например, метил-*n*-этилбензоат), 2-метилдиоксолан и др. [4, с. 287].

Полученные при пропускании газов (образовавшихся при термической деструкции полимеров) растворы визуально отличались друг от друга. В случае ПЭТ раствор имел нерастворимые в воде твердые новообразования, плотность которых была меньше воды ($< 1 \text{ г/см}^3$). В случае же раствора, полученного после термической деструкции ПНД, он имел лишь небольшое кольцо воскоподобных веществ выше уровня воды на стенках колбы.

Также для оценки возможности очистки растворов был опробован подход, основанный на адсорбции загрязнителей на активированном угле. Всего для эксперимента было выделено четыре группы: контрольная (40 см³ водопроводной воды), ПНД (40 см³ раствора, полученного после термической деструкции), ПЭТ (40 см³ соответствующего раствора) и адсорбат (40 см³ раствора, полученного после адсорбции).

При измерении электропроводности раствора газов от ПЭТ непосредственно после термической деструкции и после адсорбции было установлено, что в последнем случае показатель электропроводности достоверно снизился (таблица 1). Это может свидетельствовать о том, что часть веществ, образовавшихся при термической деструкции, была адсорбирована активированным углем.

Далее семена были обработаны указанными растворами. На первых порах наблюдения было отчетливо заметно, что контрольная группа семян демонстрирует несколько большие темпы прорастания (рисунок). На 7-е сутки эксперимента наметились некоторые интересные тенденции: с этого момента всхожесть семян, которые были обработаны раствором после адсорбции, начала расти и даже превзошла по этому показателю контрольную группу. На 18-е сутки эксперимента всхожесть у адсорбата составляла 68 %.

Таблица 1 – Показатель электропроводности растворов газов от ПЭТ до и после адсорбции

До адсорбции		После адсорбции	
Измерение	Электропроводность, мСм/см ²	Измерение	Электропроводность, мСм/см ²
1	0,9290	1	0,8990
2	0,9295	2	0,8995
3	0,9310	3	0,8990
4	0,9310	4	0,8975
5	0,9308	5	0,9003
<i>Среднее</i>	$0,9303 \pm 0,0008^*$	<i>Среднее</i>	$0,8991 \pm 0,0009^*$

Примечание – * – достоверно при $p = 0,001$.

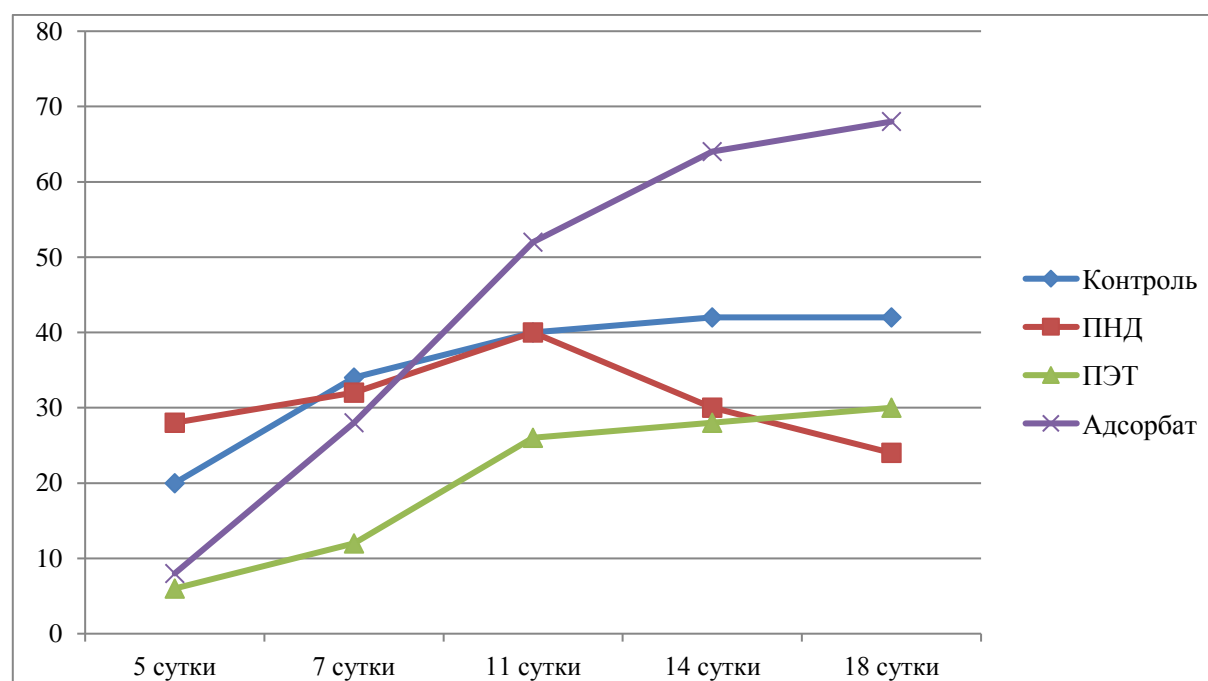


Рисунок – Всхожесть (%) семян фасоли в четырех группах на разных этапах наблюдения

В случае ПНД-группы спад показателя всхожести, начавшийся на этапе 11-х суток эксперимента, связан с увеличением числа семян, пораженных инфекцией и вследствие этого погибших. Для ПЭТ-группы был характерен самый низкий показатель всхожести – максимум 30 % на заключительном этапе наблюдения.

Тем не менее сходство показателей всхожести для ПНД- и контрольной группы позволяет выдвинуть предположение, что неполярные молекулы,

не растворяясь в воде (многие из которых остались на стенках сосуда в виде кольца), медленно поглощались клетками семян фасоли. Однако на протяжении семи суток происходило падение индекса всхожести по сравнению с контролем, а число инфицированных семян увеличивалось (плесень и другие инфекции). Это может свидетельствовать лишь о замедлении онтогенетических процессов внутри клеток фасоли.

Другой показатель, по которому проводилась оценка влияния водных растворов газов, полученных после окислительной термической деструкции ПНД, ПЭТ, а также раствора после адсорбции, – это показатель средней длины проростков семян (таблица 2).

Таблица 2 – Средняя длина проростков семян фасоли на заключительной стадии эксперимента (18-е сутки), см

Контроль	ПНД	ПЭТ	Адсорбат
$19,87 \pm 5,13^{*a}$	$8,37 \pm 4,46$	$3,51 \pm 3,03^*$	$5,31 \pm 4,63^a$
Примечание * – достоверно при $p = 0,01$; ^a – достоверно при $p = 0,05$.			

Если брать во внимание предыдущую ситуацию с группой адсорбата, где всхожесть превосходила контрольную группу, то по параметру длины проростков, наоборот, имеются достоверно различимые данные, которые свидетельствуют о меньших значениях этого параметра, чем у контрольной группы. В случае же ПЭТ данные о длине проростков согласуются с показателем всхожести: они значительно короче, чем в контрольной группе. В прочих случаях не удалось выявить достоверных различий.

Заключение. Учитывая полученные данные, можно заключить следующее:

1. Продукты окислительной термической деструкции полиэтилентерефталата оказывают токсическое действие на семена фасоли, на что явно указывают и показатели всхожести семян, и средняя длина проростков. Это связано с довольно широким спектром образующихся продуктов – как растворимых в воде, так и нерастворимых. Их разнообразие в сравнении с продуктами такого же процесса для полиэтилена может быть объяснено с точки зрения строения полимера: в мономерах ПЭТ присутствуют углеводородные фрагменты, бензольное кольцо и атомы кислорода. В макромолекулах же ПНД присутствуют лишь углеводородные фрагменты. Учитывая довольно широкую распространенность бобовых (как, в целом, и других двудольных) в сельском хозяйстве, сжигание отходов полиэтилентерефталата может повлечь снижение урожайности этих культур.

2. Вещества, образующиеся при окислительной термической деструкции полиэтилена низкого давления, в силу их малой полярности

и, как следствие, малой растворимости, вероятно, медленнее попадали в клетки семян фасоли. Можно допустить, что это сказалось на показателе их всхожести, который значительное время наблюдения практически совпадал с контрольной группой. Инфицирование же семян на более поздних сроках, тем не менее, не позволяет оценить влияние продуктов окислительной термической деструкции на растительный объект как нейтральное. В то же время данные по длине вегетативных органов не имеют достоверно различимых результатов с контрольной группой. В свете вышесказанного вопрос о влиянии продуктов термической деструкции ПНД на растительные объекты нуждается в более подробном изучении.

3. Очистка растворов, в которых содержались продукты термической деструкции, с помощью адсорбции на активированном угле показала, что часть загрязнителей можно удалить, используя такой подход. На это, в частности, указывают достоверно различимые данные изменения электропроводности раствора до и после адсорбции. Однако резкий скачок всхожести семян и некоторые отклонения в длине проростков указывают на то, что такой способ очистки растворов нуждается в дополнительном изучении.

Таким образом, продукты окислительной термической деструкции полимеров (полиэтилентерефталата) оказывают токсическое действие на растительные объекты. Учитывая это обстоятельство, необходимо грамотно планировать мероприятия по утилизации полимерных отходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрушкевич, А. А. Анализ состояния сбора, утилизации и переработки из пластика на примере сельхозпредприятий Брестского района Брестской области / А. А. Петрушкевич, Л. Е. Совик, А. В. Копытовских // Экономика и банки. – 2021. – № 2. – С. 60–69.

2. Полиэтилентерефталат: новые направления рециклинга [Электронный ресурс] // Майкопский технологический университет. – Режим доступа: https://mkgtu.ru/docs/KONF_SEM/bedanokov_beshtoev.pdf. – Дата доступа: 29.01.2023.

3. Перегуд, Е. А. Санитарная химия полимеров. Санитарно-химические методы исследования при производстве и применении синтетических полимеров / Е. А. Перегуд. – Л. : Химия, 1967. – 380 с.

4. Мадорский, С. Термическое разложение органических полимеров / С. Мадорский. – М. : Мир, 1967. – 325 с.

[К содержанию](#)

УДК 632.8+661.248+661.98

Д. А. СИНИЦЫНА, Н. С. СТУПЕНЬ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ФТОРИСТЫХ ГАЗООБРАЗНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ФИЛИАЛОМ «ЗАВОД “ЭНЕРГОДЕТАЛЬ”»
ОАО «БЕЛСЕЛЬЭЛЕКТРОСЕТЬСТРОЙ»
ЗА ПЕРИОД С 2016 ПО 2022 ГОД**

Источниками загрязняющих выбросов фтористых газообразных соединений являются различные промышленные предприятия (производство алюминия, электростанции, работающие на угле, сталелитейные, кирпичные, стекольные, цементные, керамические заводы и т. п.).

Фтористые газообразные соединения являются загрязнителями второго класса опасности, оказывают большое негативное влияние на здоровье населения. Совместное действие факторов окружающей среды, дефицит йода и избыточное поступление фтора в организм является одной из причин увеличения щитовидной железы у детей. Установлено, что соединения фтора проникают через плаценту, накапливаются в организме плода и оказывают токсическое действие в постэмбриональный период, вызывая ухудшение кровоснабжения, торможение деления клеток пластинки роста костей, ослабление функциональной активности остеокластов и остеобластов, результатом чего является замедление роста костей и в длину, и в толщину. Таким образом, вне зависимости от путей поступления и условий воздействия фтор, попадая в организм человека, оказывает токсическое воздействие на целый комплекс органов и систем, включая кардиореспираторную, нейроэндокринную, костно-мышечную системы. Изучение влияния фтора и его соединений на здоровье населения является важной задачей, позволяющей наметить пути профилактики и коррекции негативного воздействия.

Целью работы является проведение экологического мониторинга и выявление общей динамики данных по выбросам фтористых газообразных соединений, предоставленных филиалом «Завод “Энергодеталь”» ОАО «Белсельэлектросетьстрой» за период с 2016 по 2022 год. Филиал «Завод “Энергодеталь”» ОАО «Белсельэлектросетьстрой» является лидером рынка железобетонных опор для строительства линий электропередач в Республике Беларусь. Это современное предприятие, представляющее собой сложный производственный организм и состоящее из основных и вспомогательных цехов. Предприятие производит железобетонные панели для возведения закрытых трансформаторных подстанций, опор линий

электропередач и другие железобетонные изделия для электроэнергетики. Годовая производственная мощность предприятия составляет 55 000 кубометров железобетонных изделий.

В качестве материала исследования использовались данные по выбросам загрязняющих веществ, предоставленные филиалом «Завод “Энергодеталь”» ОАО «Белсельэлектросетьстрой», а также литературные источники. В качестве методов исследования применяли анализ литературных данных по проблеме, данных филиала «Завод “Энергодеталь”» ОАО «Белсельэлектросетьстрой», а также провели статистическую обработку данных.

На рисунке представлена динамика количества выбросов газообразных фтористых соединений за период с 2016 по 2022 год.

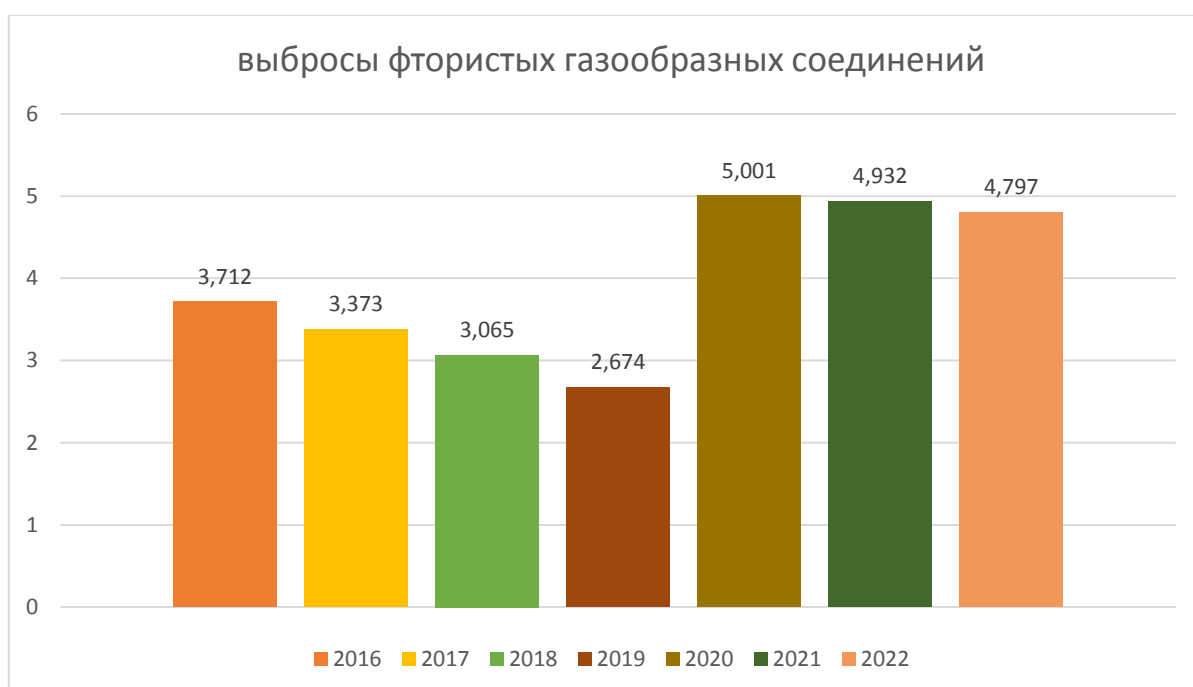


Рисунок – Количество выбросов газообразных фтористых соединений, кг/год за период с 2016 по 2022 год

Анализ данных, представленных на диаграмме, показал, что количество выбросов в начальной точке изучаемого периода в 2016 году составило 3,712 кг/год. В последующий период, включая 2019 год, количество выбросов фтористых газообразных соединений ежегодно снижалось. За 2017 и 2018 годы общее годовое количество выбросов сократилось на 9,1 % по сравнению с предыдущим годом. В 2019 году количество выбросов сократилось на 12,7 %. В 2019 году зафиксирован минимальный количественный выброс в изучаемом периоде с 2016 по 2022 год. В 2020 году можно наблюдать резкий скачок количества выбросов до

5,001 кг/год, что, предположительно, можно связать с увеличением производственных мощностей и запуском серийного выпуска железобетонных колец и стояков. В 2020 году количество выбросов достигло лимита, но не превысило его. В 2021 и 2022 году ежегодное количество выбросов газообразных фтористых соединений сократилось на 1,3 и 2,7 % соответственно. В изучаемый период (2016–2022 годы) количество выбросов возросло на 22,6 %.

Сезонные выбросы различных годов изучаемого периода имеют различные показатели. Такие результаты могут быть обусловлены различными субъективными причинами, связанными с производственным процессом, которые в данный момент сложно будет отследить.

Обработка и анализ предоставленной информации по выбросам фтористых газообразных соединений за период с 2016 по 2022 год позволяют сделать следующие выводы:

1. Изменение количества выбросов филиалом «Завод “Энергодеталь”» ОАО «Белсельэлектросетьстрой» за период с 2016 по 2022 год имеет тенденцию на увеличение. В целом количество выбросов увеличилось на 22,6 %.

2. В 2019 году зафиксировано минимальное количество выбросов. В этом же году в г. Барановичи был зафиксирован наименьший валовый выброс в Республике. Исходя из этого, можно предположить, что минимальное количество выбросов связано с уменьшением валового выброса.

3. Максимальное количество выбросов фтористых газообразных соединений наблюдалось в 2020 году. Резкое увеличение количества выбросов, по нашему мнению, связано с увеличением производственных мощностей и началом производства новой продукции.

4. Была изучена сезонная динамика выбросов за период с 2016 по 2022 год. Определенные закономерности по сезонам за изучаемый период не выявлены.

5. Количество выбросов фтористых газообразных соединений в изучаемый период не превышало допустимых норм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольца железобетонные [Электронный ресурс] // Завод «Энергодеталь». – Режим доступа: <https://opogyler.com/кольца-железобетонные/>. – Дата доступа: 10.02.2023.

2. Стойки железобетонные СВ 164-12 [Электронный ресурс] // Завод «Энергодеталь». – Режим доступа: <https://opogyler.com/стойки-железобетонные-св-164-12/>. – Дата доступа: 10.02.2023.

3. Донских, И. В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения / И. В. Донских // Acta Biomedica Scientifica. – 2013. – № 3. – С. 180–184.

[К содержанию](#)

УДК 546.65:541.457;451.124

С. В. СЛОНСКАЯ, Н. Н. ЛУБИНСКИЙ

Беларусь, Минск, БГАТУ

**МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
ОРТОФЕРРИТОВ $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{M}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ ($\text{M}=\text{Zn}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Co}^{2+}$,
(MnZn), (MnCo), (CoZn))**

Ферриты типа RFeO_3 , где R-ионы Y^{3+} , La^{3+} и других редкоземельных элементов, кристаллизуются в структуре искаженного перовскита. В литературе, особенно в области физики магнитных явлений, их часто называют ортоферритами, рассматривая как соли ортокислоты H_3FeO_3 . Наиболее подробно изучены их кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства. Установлено, что ортоферриты редкоземельных элементов обладают слабым ферромагнетизмом. Они являются неколлинеарными антиферромагнетиками, температуры Неля которых заключены в интервале 620–720 К. У некоторых из них при определенной температуре происходит спин-переориентационный переход, т. е. изменение оси легкого намагничивания от оси a к оси c , или переориентационный переход от слабоферромагнитного состояния в антиферромагнитное состояние (переход типа Морина). Некоторое время считалось, что наличие самопроизвольной намагниченности у ортоферритов редкоземельных элементов и $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ обусловлено присутствием различных примесей и дефектов кристаллической решетки. Однако затем теоретически и экспериментально было показано, что слабый спонтанный ферромагнетизм таких антиферромагнитных кристаллов, как CoCO_3 , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, ортоферритов RFeO_3 является врожденным свойством и обусловлен отклонением спинов от строгой антипараллельности. Более усиленно магнитные и магнитооптические свойства ортоферритов редкоземельных элементов изучались в 70-е годы XX века в связи со специфической у них и у одноосных ферритов-гранатов доменной структуры, на основе которой были созданы принципиально новые запоминающие устройства, носителями информации которых являются подвижные магнитные домены цилиндрической формы микронных размеров. Кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства ортоферритов щелочноземельных элементов $\text{AFeO}_{3-\delta}$ ($\text{A}=\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$) зависят от величины стехиометрического коэффициента ($3-\delta$) содержания кислорода, который может меняться в интервале 2,5–3 [1]. Феррит стронция $\text{SrFeO}_{2,5}$ ($\text{SrO} \cdot 0,5\text{Fe}_2\text{O}_3$) имеет кристаллическую орторомбическую структуру типа браунмиллера ($\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$) и его химическая формула записывается как $\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, ($2\text{Sr}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{O}_{2,5}$). Согласно [1] ортоферрит

$\text{SrFeO}_{2,5}$ ($\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$) со структурой браунмиллерита получается при обжиге на воздухе смеси порошков ($2\text{SrCO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) при температурах выше 1473 К. Феррит стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ при значениях кислородного коэффициента ($3-\delta$) в интервале 2,72–3 имеет структуру перовскита, искажение которого и соотношение концентраций ионов Fe^{4+} , Fe^{3+} зависят от кислородной нестехиометрии, которая в свою очередь зависит от температуры и парциального давления кислорода [1].

Установлено, что твердые растворы $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$ являются перспективными материалами для изготовления керамических кислород-проницаемых мембран [2] и запоминающих устройств магниторезистивного типа. В связи с этим опубликовано значительное число работ, посвященных изучению электронной и ионной электропроводности, магнитных и других свойств твердых растворов систем $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ [3], $\text{SrFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{3-\delta}$ [4] со структурой перовскита, в которых проведено частичное гетеровалентное замещение соответственно ионов La^{3+} ионами стронция Sr^{2+} и изо-валентное замещение ионов железа Fe^{4+} , Fe^{3+} ионами Co^{4+} , Co^{3+} , находящихся в различных спиновых состояниях. При гетеровалентном частичном замещении ионов La^{3+} ионами Sr^{2+} в феррите LaFeO_3 согласно условию электронейтральности эквивалентная часть ионов Fe^{3+} переходит в Fe^{4+} , что и приводит к существенному изменению электрических и магнитных свойств. При образовании твердых растворов $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ на основе феррита $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ частичное замещение ионов Sr^{2+} ионами La^{3+} приводит в железной подрешетке к переходу эквивалентного количества ионов Fe^{4+} , Fe^{3+} в Fe^{3+} , Fe^{2+} . Чтобы такой переход $\text{Fe}^{4+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ не происходил, в феррите $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ со структурой перовскита наряду с гетеровалентным замещением ионов Sr^{2+} ионами La^{3+} , необходимо провести гетеровалентное замещение ионов Fe^{4+} , Fe^{3+} ионами двухвалентных металлов (Mn^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+}).

Феррит стронция $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ со структурой магнетоплюмбита является магнитотвердым ферримагнетиком и из него изготавливают керамические постоянные магниты, широко используемые в различных областях науки и техники. До недавнего времени величина энергетического произведения $(\text{BH})_{\text{макс}}$ керамических анизотропных постоянных магнитов не превышала 37 кДж/м^3 . Однако появилось сообщение [5], в котором указано, что твердый раствор $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{11,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{19}$ позволяет изготавливать керамические постоянные магниты с величиной $(\text{BH})_{\text{макс}} = 41 \text{ кДж/м}^3$. Известно, что синтез феррита стронция $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ при нагревании смеси порошков ($\text{SrCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) при температурах 1300–1500 К протекает через промежуточную стадию образования ортоферрита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$, взаимодействие которого с оксидом $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и приводит к образованию $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$. Вероятно, синтез твердого раствора $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{M}_x\text{O}_{19}$ ($\text{M}=\text{Zn}^{2+}$, Mn^{2+} , Co^{2+})

со структурой магнетоплюмбита можно также провести, если взять в качестве прекурсора твердый раствор $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$ со структурой перовскита или браунмиллерита. В этой работе нами изучены магнитные свойства твердых растворов $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{M}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ ($\text{M}=\text{Zn}^{2+}$, Mn^{2+} , Co^{2+} , (MnZn) , (MnCo) , (CoZn)), полученных керамическим методом при таких же условиях термообработки, как и при синтезе твердых растворов $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{11,7}\text{M}_{0,3}\text{O}_{19}$ со структурой магнетоплюмбита.

Синтез образцов твердых растворов на основе феррита стронция $\text{SrFeO}_{2,5}$ проводили из оксидов металлов (Fe_2O_3 , La_2O_3 , Co_3O_4) (марки ч.д.а.) и карбонатов стронция SrCO_3 , марганца MnCO_3 (марки ч.д.а.). Перемешивание и помол смесей порошков исходных веществ, взятых в необходимом соотношении, проводили в планетарной мельнице «Pulverizette 6», используя размольные стаканы и мелющие шары из диоксида циркония. Помол проводили в среде этилового спирта в течение 4–5 часов. Первый обжиг таблеток исследованных смесей проводили на воздухе при 1473 К в течение 4 часов. Обожженные таблетки дробились в стальной ступке и мололи в планетарной мельнице в среде этилового спирта в течение 4 часов. Окончательно образцы обжигали на воздухе при температуре 1453 К в течение 2 часов. Их охлаждение проводили в выключенной печи в атмосфере воздуха, в процессе которого происходило некоторое поглощение кислорода. Удельная намагниченность σ в магнитном поле 8,6 кЭ измерялась методом Фарадея в интервале температур 77–800 К. Температура Кюри T_C определялась экстраполяцией на ось температур кривой температурной зависимости удельной намагниченности до нулевой величины.

Удельная намагниченность насыщения при 77 К (σ_{77}) и температура Кюри (Нееля) ортоферрита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$, полученные в работе, соответственно равны 3,35 Гс·см³/г, 745 К (рисунок, кривая 1, таблица). Такое значение температуры Кюри (T_C) этого феррита практически совпадает с температурой Кюри (740 К) феррита стронция $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ со структурой магнетоплюмбита и на 30 К выше температуры Нееля феррита $\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ ($\text{SrFeO}_{2,5}$), приведенной в работе [6]. Величина намагниченности (n_B) одной формульной единицы феррита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ и твердых растворов на его основе, выраженная в магнетонах Бора, рассчитана по формуле $n_B = \sigma_{77} \cdot M / 5585$, где M – молярная масса феррита стронция $\text{SrFeO}_{2,5}$ или твердого раствора на его основе, 5585 – магнитный момент одного моля магнетонов Бора. Для $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ она равна 0,11 μ_B . В работе [4] сообщается, что намагниченность при 4,2 К одной формульной единицы ортоферрита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ равна 0,01 μ_B , т. е. на порядок меньше полученного нами значения. Это, а также равенство температур Кюри полученного нами образца $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ и феррита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ (745 К) дают основание предполо-

жить присутствие в $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ примеси $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$. Следует отметить, что самопроизвольная намагниченность ортоферритов редкоземельных элементов RFeO_3 при комнатной температуре также мала и составляет примерно $0,01\text{--}0,1\mu\text{В}$ на единицу формульной величины [2]. Замещение 30 % мол. ионов железа Fe^{3+} феррита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ ионами марганца приводит к уменьшению удельной намагниченности σ_{77} на 17,9 % (рисунок, кривая 2). Намагниченность одной формульной единицы твердого раствора $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$, выраженной в магнетонах Бора, равна $0,10\mu\text{В}$ (таблица).

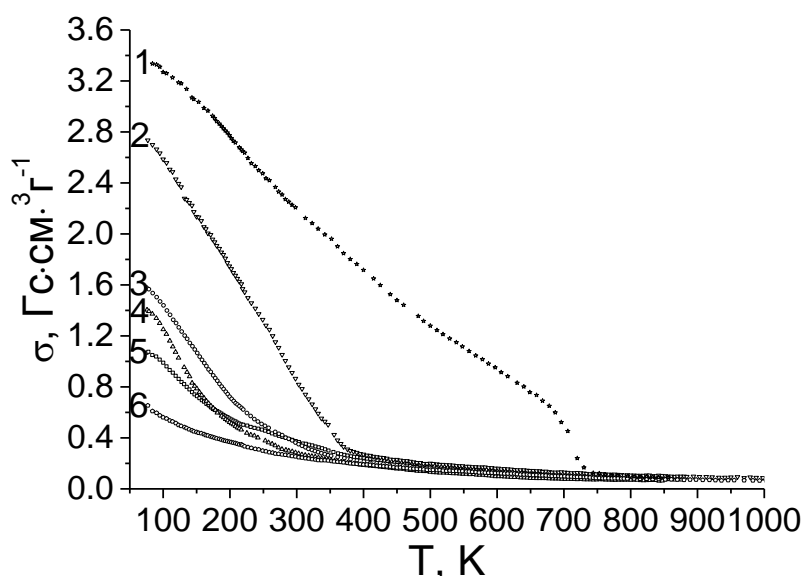


Рисунок – Температурная зависимость удельной намагниченности твердых растворов $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ (1), $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ (2), $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,15}\text{Mn}_{0,15}\text{O}_{3-\delta}$ (3), $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Mn}_{0,15}\text{Zn}_{0,15}\text{O}_{3-\delta}$ (4), $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,15}\text{Zn}_{0,15}\text{O}_{3-\delta}$ (5), $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ (6)

Температура Кюри (Нееля) этого твердого раствора равна 400 К, т. е. замещение 30 % ионов железа ионами марганца в ортоферрите стронция привело к уменьшению температуры Кюри на 345 К. Проведенные нами исследования твердых растворов $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Mn}_x\text{O}_{19}$ со структурой магнетоплюмбита показали, что температура Кюри твердого раствора $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{11,7}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_{19}$ равна 698 К, т. е. она всего на 34 К меньше, чем у феррита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$. При этом следует отметить, что в данном случае в феррите стронция со структурой магнетоплюмбита лишь 2,5 % ионов железа замещена ионами марганца. Намагниченность насыщения твердого раствора $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$, выраженная в магнетонах Бора, одной формульной единицы при 77 К равна $1,07\mu\text{В}$. По данным работы [4] температура Кюри и намагниченность при 4,2 К одной формульной единицы

твердого раствора $\text{SrFe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ равны 1,4 $\mu\text{В}$ и 255 К, что согласуется с нашими данными для твердого раствора $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ (таблица). Отсюда можно заключить, что на магнитные свойства твердого раствора на основе феррита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ преимущественно влияет замещение ионов железа ионами кобальта, а не ионов стронция ионами лантана. Замещение ионов железа феррита стронция $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ парами ионов ($\text{Co}_{0,15}\text{Mn}_{0,15}$), ($\text{Mn}_{0,15}\text{Zn}_{0,15}$), ($\text{Co}_{0,15}\text{Zn}_{0,15}$) и $\text{Zn}_{0,3}$ приводит к значительному уменьшению удельной намагниченности σ_{77} и $n_{\text{В}}$ при 77 К (рисунок, таблица). В приведенном ряду твердых растворов при замещении в $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ ионов Fe^{3+} на ионы указанных металлов намагниченность твердых растворов уменьшается от замещающих ионов ($\text{Co}_{0,15}\text{Mn}_{0,15}$) к $\text{Zn}_{0,3}$.

Таблица – Удельная намагниченность насыщения при 77 К (σ_{77}), намагниченность одной формульной единицы при 77 К ($n_{\text{В}}$), температура Кюри (T_{C}) $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ и твердых растворов $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{M}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$ (M- Zn, Mn, Co)

Состав	σ_{77} , Гс·см ³ /г	$n_{\text{В}}$, $\mu\text{В}$	T_{C} , К
$\text{SrFeO}_{3-\delta}$	3,34	0,11	745
$\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$	30,98	1,07	255
$\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$	2,74	0,10	400
$\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,15}\text{Mn}_{0,15}\text{O}_{3-\delta}$	1,56	0,06	300
$\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Mn}_{0,15}\text{Zn}_{0,15}\text{O}_{3-\delta}$	1,39	0,05	~230
$\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Co}_{0,15}\text{Zn}_{0,15}\text{O}_{3-\delta}$	0,81	0,04	–
$\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{0,7}\text{Zn}_{0,3}\text{O}_{3-\delta}$	0,65	0,02	–

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Phase Relation in the Oxygen Nonstoichiometric System, SrFeO_x ($2,5 \leq x \leq 3,0$) / Y. Takeda [et al.] // J. of Solid State Chemistry. – 1986. – Vol. 63. – P. 237–249.
2. Oxygen permeation through perovskite-type oxides / Y. Teraoka [et al.] // Chem. Lett. – 1985. – P. 1743–1746.
3. High-temperature ione transport in $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_{3-\delta}$ / J. A. Bahteeva [et al.] // J. Solid State Electrochem. – 2004. – Vol. 8. – P. 578–584.
4. Magnetoresistance in the ferromagnetic metallic perovskite $\text{Sr}_x\text{FeCo}_x\text{O}_3$ / A. Maignan [et al.] // Solid State Sciences. – 2001. – Vol. 3. – P. 57–63.
5. High Energy Ferrite Magnets / T. Taguchi [et al.] // Supplement au Journal de Physique III de mars. – 1997. – P. C1-311–C1-312.
6. Structural Transitions at High Temperature in $\text{Sr}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ / J.-C. Grenier [et al.] // J. of Solid State Chemistry. – 1985. – Vol. 58. – P. 243–252.

[К содержанию](#)

УДК 577.175.1:576.353

А. Н. ТАРАСЮК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ ЭПИКАСТАСТЕРОНА И ЕГО КОНЬЮГАТОВ С КИСЛОТАМИ НА МИТОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КЛЕТОК КОРНЕВОЙ МЕРИСТЕМЫ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ

Современное растениеводство остро нуждается в новых подходах к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и повышению их устойчивости к действию неблагоприятных факторов среды. Одним из перспективных направлений решения этого вопроса является использование природных и синтетических регуляторов роста и развития растений, к числу которых относятся brassinosteroids [1]. Положительное влияние этих соединений на рост и развитие растений, а также на устойчивость к действию неблагоприятных факторов среды и болезням установлено для ряда сельскохозяйственных культур, однако число веществ этого класса, обладающих значительной ростстимулирующей активностью, весьма ограничено [2; 3]. В связи с этим важной задачей является поиск новых веществ из класса brassinosteroids, способных оказывать положительное влияние на различные физиолого-биохимические показатели сельскохозяйственных растений. К числу таких веществ относятся конъюгаты brassinosteroids с кислотами, действие которых на растительные организмы остается малоизученным.

Одним из показателей, характеризующих влияние биологически активных соединений на ростовые процессы, является митотическая активность меристематических тканей, которые являются наиболее чувствительными и активно реагирующими на внешние воздействия [4]. В исследованиях на горохе, рапсе, кукурузе и других сельскохозяйственных культурах установлено, что различные химические вещества и физические факторы оказывают существенное влияние на величину митотического индекса как показателя митотической активности [4–6]. Отмечено снижение значений митотического индекса при действии электромагнитного излучения, высокой температуры и увеличение данного показателя при действии лазерного излучения и малых доз радиации. Показаны различия в эффектах разных фитогормонов: индолилуксусная кислота и brassinolid увеличивали митотическую активность клеток корневой меристемы, тогда как цитокинин и gibberellic acid снижали. В целом, так как рост растений тесно коррелирует с процессами деления клеток, то максимальное увеличение митотической активности наблюдается в период

наибольшей стимуляции роста. Поэтому изучение влияния различных факторов на митотическую активность открывает широкие возможности регулирования процессов роста и органогенеза растений в целом и, в конечном итоге, – их продуктивности [6].

Целью данного исследования является оценка влияния 24-эпикастастерона и его конъюгатов с салициловой и индолилуксусной кислотами на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи посевной.

Для проведения лабораторных экспериментов использовали семена гречихи посевной сорта Влада. Экспериментальные воздействия осуществляли растворами следующих соединений в концентрациях 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} и 10^{-11} М:

- 1) 24-эпикастастерон (ЭК);
- 2) 2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23);
- 3) тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31).

Предварительно замоченные в соответствующих растворах в течение 5 часов семена гречихи проращивали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге, смоченной этими же растворами, в термостате при температуре 25 °С согласно ГОСТ 12038-84 [7]. В контроле семена замачивали в воде. В каждом из вариантов опыта проращивали по 50 семян. По достижении корешками длины 1,5–2 см (примерно через 2–3 дня после начала проращивания) их фиксировали в свежеприготовленном спирту-уксусном (3 : 1) фиксаторе в количестве не менее 20 корешков на вариант опыта. Материал выдерживали в фиксаторе при комнатной температуре в течение 12 часов, затем помещали в холодильник и хранили при температуре 4–5 °С до момента приготовления препаратов. Митотическую активность клеток корневой меристемы оценивали путем определения митотического индекса на временных давленных препаратах, которые готовили стандартным ацетоорсеиновым методом [8].

Анализ препаратов с целью определения митотического индекса осуществляли на микроскопе «Микмед 5» при увеличении 15×40 . Для этого в трех полях зрения для каждого корешка проводили подсчет числа клеток, находящихся на стадиях интерфазы (И), профазы (П), метафазы (М), анафазы (А) и телофазы (Т) соответственно. Затем для каждого из исследованных полей зрения рассчитывали митотический индекс (МИ), измеряемый в промилле (‰), по следующей формуле [8]:

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

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием программы Microsoft Excel. Рассчитывались средние значения митотического индекса и стандартные ошибки средних.

Для оценки достоверности различий был использован t-критерий Стьюдента [9]. Полученные результаты приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Влияние 24-эпикастастерона (ЭК) на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи

Концентрация действующего вещества (М)	Митотический индекс (‰)	t-критерий Стьюдента
Контроль	71,41 ± 7,58	–
10 ⁻¹¹	64,56 ± 4,88	0,76
10 ⁻¹⁰	34,89 ± 4,57***	4,13
10 ⁻⁹	52,29 ± 5,66	2,02
10 ⁻⁸	73,87 ± 6,27	0,25
10 ⁻⁷	54,78 ± 8,02	1,51
Примечание – *** – отличия от контроля достоверны при P < 0,001.		

Таблица 2 – Влияние 2-моносалицилата 24-эпикастастерона (S 23) на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи

Концентрация действующего вещества (М)	Митотический индекс (‰)	t-критерий Стьюдента
Контроль	72,14 ± 6,12	–
10 ⁻¹¹	45,86 ± 5,64**	3,16
10 ⁻¹⁰	45,64 ± 3,83**	3,67
10 ⁻⁹	49,03 ± 4,41**	3,06
10 ⁻⁸	33,05 ± 3,40***	5,58
10 ⁻⁷	54,65 ± 6,18	2,01
Примечание – **, *** – отличия от контроля достоверны при P < 0,01 и 0,001 соответственно.		

Таблица 3 – Влияние тетраиндолилацетата 24-эпикастастерона (S 31) на митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи

Концентрация действующего вещества (М)	Митотический индекс (‰)	t-критерий Стьюдента
Контроль	73,23 ± 8,04	–
10 ⁻¹¹	45,55 ± 5,23**	2,89
10 ⁻¹⁰	35,35 ± 2,83***	4,44
10 ⁻⁹	40,77 ± 2,66**	3,83
10 ⁻⁸	47,82 ± 3,92*	2,84
10 ⁻⁷	52,23 ± 4,90*	2,23
Примечание – *, **, *** – отличия от контроля достоверны при P < 0,05, 001 и 0,001 соответственно.		

Как следует из приведенных в таблицах данных, основным эффектом влияния исследуемых соединений является снижение митотической актив-

ности клеток корневой меристемы, в то время как в контроле во всех случаях митотический индекс примерно одинаков (71,41; 72,14; 73,23 %), что свидетельствует о высоком уровне повторяемости полученных данных, при действии brassinosterоидов он существенно снижается.

В случае с 24-эпикастастероном (ЭК) такое снижение является достоверным только при концентрации 10^{-10} М ($P < 0,001$), тогда как 2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31) вызывают достоверное снижение митотического индекса во всех исследуемых концентрациях, за исключением концентрации 10^{-7} М для 2-моносалицилата 24-эпикастастерона.

Наиболее существенное уменьшение исследуемого показателя наблюдается при действии ЭК в концентрации 10^{-10} М (с 71,41 до 34,89 %, или на 51,14 %), S23 в концентрации 10^{-8} М (с 72,14 до 33,05 %, или на 54,18 %), S31 в концентрации 10^{-10} М (с 73,23 до 33,35 %, или на 51,72 %). Во всех случаях максимального снижения митотической активности отличия от контроля высоко достоверны ($P < 0,001$).

Анализ данных таблиц 1–3 также показывает, что при наиболее высокой концентрации исследуемых соединений (10^{-7} М) наблюдается определенная тенденция к увеличению митотического индекса (до уровня 52–55 %), однако его значения все равно не достигают контрольного уровня.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что 24-эпикастастерон и его конъюгаты с кислотами в диапазоне концентраций 10^{-11} – 10^{-7} снижают митотическую активность клеток корневой меристемы гречихи. При этом конъюгаты обладают более выраженным ингибирующим действием по сравнению с исходным веществом. Максимальное снижение митотического индекса наблюдается при действии ЭК и S31 в концентрации 10^{-10} М, а S23 – в концентрации 10^{-8} М.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельскохозяйственная биотехнология / В. С. Шевелуха [и др.] ; под. ред. В. С. Шевелухи. – М. : Высш. шк., 1998. – 416 с.
2. Хрипач, В. А. Brassinosterоиды / 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 [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. Каташов, Д. А. Влияние фитогормонов и селената натрия на митотическую активность апикальных меристем корней проростков рапса (*Brassica napus*) / Д. А. Каташов, В. Н. Хрянин // Изв. высш. учеб. заведений. Поволж. регион. Естеств. науки. – 2013. – № 2 (2). – С. 49–54.

6. Изучение суточной периодичности митозов в клетках меристем проростков луковицы лука *Allium cepa* L. / С. А. Беждугова [и др.] // Междунар. журн. приклад. и фундам. исслед. – 2018. – № 3. – С. 96–99.

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

8. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Агропромиздат, 1988. – 271 с.

9. 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, К. А. ГОРОДНИК, А. Д. РУДЯК

Беларусь, Брест, БрГТУ

КОМПЛЕКСНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЗДАНИЯ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ПО УЛ. 17 СЕНТЯБРЯ В Г. БРЕСТЕ

В Республике Беларусь в последние годы значительно возрос объем работ по сохранению, реставрации, восстановлению зданий и сооружений, являющихся недвижимыми объектами историко-культурного наследия. Наблюдается также снижение качества работ по сохранению старых сооружений и зданий из-за неудачного выбора реставрационных материалов, возрастает риск утраты ценнейших элементов подсистемы архитектурно-исторической среды городов, а обострение экологической ситуации закономерно проявляется возникновением критических проблем сохране-

ния памятников архитектуры. Научный подход к вопросам реставрации памятников культуры в Республике Беларусь позволяет сохранить историко-культурное наследие нашей страны [1]. Реставрация объекта, представляющего историко-культурную ценность, должна опираться на многосторонние комплексные исследования.

Ремонтно-реставрационные работы, как правило, начинаются с комплексного технического обследования зданий. При проведении обследования очень часто выясняется, что, кроме реставрации самого фасада здания, необходимо выполнить комплекс работ по усилению фундамента и устройству гидроизоляции в подвальных помещениях, по устранению причин капиллярного подсоса влаги в ограждающие конструкции здания [2–4]. Цель данных работ – составить представление о материалах, использованных при возведении здания, наметить необходимые технические меры для обеспечения длительной сохранности его конструкций, разработать технологические рекомендации и подобрать новые материалы для реставрационных работ. Комплексные лабораторные исследования отобранных образцов (фрагментов фасадов, штукатурки) включают в себя: изучение химического состава раствора с определением процентного соотношения основных компонентов (вяжущего и заполнителя); гранулометрический анализ заполнителя, выявляющий путем просеивания сквозь серию сит с разными ячейками распределение заполнителя минерального строительного раствора по фракциям; петрографический анализ – изучение под микроскопом шлифов раствора и других материалов.

Количественные соотношения компонентов раствора определяются в основном химическим анализом. Но возможны приближенные подсчеты при микроскопическом изучении образцов. Гораздо большие результаты дает изучение качественного состава. Наличие тех или иных незначительных, но характерных примесей, особенности строения зерен песка могут служить свидетельством не только технологических различий, но и использования материалов, добытых в разных карьерах. Микроскопические исследования дают важные результаты при изучении не только растворов, но и окрасочных составов. Окончательный вывод относительно состава исследуемых материалов может быть сделан лишь на основании всего комплекса проводимых анализов. Правильность полученных результатов во многом зависит от тщательности отбора образцов, которые должны изыматься с разных участков здания или сооружения во избежание случайных ошибок [2–4].

Целью настоящей работы является проведение физико-химических исследований образцов строительных растворов и окрасочных составов, отобранных с наружных поверхностей стен объекта по ул. 17 Сентября, д. 35-2 г. Бреста (фото).



Фото– Историческое здание по ул. 17 Сентября в г. Бресте

Исследовались штукатурные и затирочные известково-песчаные и известково-цементно-песчаные растворы согласно известным методикам [2–4]. Места отбора образцов для проведения физико-химических исследований представлены в сводной таблице.

Таблица – Сводная таблица мест отбора образцов для проведения физико-химических исследований

Наименование образца	Место отбора образца
ПШС-1	Основная плоскость стены 1-го этажа главного фасада в осях 1–2
ПШС-2	Угловая лопатка главного фасада в осях 1–2 (по оси 2)
ПШС-3	Цоколь главного фасада в осях 1–2
ПШС-4	Междуэтажный поясok главного фасада в осях 1–2

Соответствующие растворы близки по соотношению компонентов и составу, а также по гранулометрическому составу заполнителя.

Характеристика основных растворов, обнаруженных на фасаде здания:

1. Известково-песчаный штукатурный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3,5 – 1 : 4. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) и крупной (1,0–0,5 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна

0,5–0,25 мм составило около 37 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 25 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 36 %. Содержание фракции с размером частиц более 1 мм составило 2 %. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок.

2. Известково-песчаный раствор светло-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 3. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 52,0 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 41,0 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 6,5 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 0,5 %, фракция с размером зерна более 2 мм отсутствует. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок.

3. Известково-цементно-песчаный раствор темно-серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 1 : 3. В качестве заполнителя использовался разнозернистый песок преимущественно средней (размер зерна 0,5–0,25 мм) фракции. Особенности раствора: содержание фракции с размером зерна 0,5–0,25 мм составило около 50 % от массы заполнителя, фракции с размером зерна 0,25–0,125 мм – около 30 %, фракции с размером зерна 1,0–0,5 мм – около 19 %, фракции с размером частиц 1–2 мм – около 1 %, фракция с размером зерна более 2 мм отсутствует. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок.

4. Известково-цементно-песчаный затирочный раствор серого цвета состава с количественным соотношением компонентов 1 : 1 : 3. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок.

Значения рН водных вытяжек растворов – без особенностей (в пределах нормы).

Цвета лакокрасочных покрытий и окрасочных составов указаны по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL. Цвет покрытия определяли путем визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской [2–4]. Для устранения метамерии определение цвета проводили при рассеянном естественном освещении.

Лицевая поверхность основной плоскости стены первого этажа главного фасада в осях 1–2 окрашена силикатным составом (связующее – жидкое калиевое стекло K_2SiO_3) светло-бежевого цвета. Цвет близок к образцу Palazzo 240 по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Лицевая поверхность угловой лопатки главного фасада в осях 1–2 (по оси 2) окрашена силикатным составом (связующее – жидкое калиевое стекло K_2SiO_3) белого цвета. Цвет близок к образцу Natur-Weiß по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Лицевая поверхность цоколя главного фасада в осях 1–2 окрашена составом (обнаружены частицы состава, состав разрушен) серого окрасочного цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Jura 35 по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Лицевая поверхность междуэтажного пояска главного фасада в осях 1–2 окрашена силикатным составом (связующее – жидкое калиевое стекло K_2SiO_3) белого цвета. Цвет близок к образцу Natur-Weiß по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Первоначально основная плоскость стены первого этажа главного фасада в осях 1–2 была окрашена составом светло-серого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Tundra 90 по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Первоначально угловая лопатка главного фасада в осях 1–2 (по оси 2) была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Первоначально цоколь главного фасада в осях 1–2 был окрашен составом серого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Jura 35 по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Первоначально междуэтажный поясок главного фасада в осях 1–2 был окрашен составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL.

Здание неоднократно штукатурилось, затиралось и перекрашивалось составами на минеральной основе, но самые последние ремонты были выполнены окрасочными составами на основе жидкого калиевого стекла (силикатными составами), за исключением цоколя, который был окрашен минеральным составом (в настоящий момент практически полностью разрушенным). Первоначальные штукатурные работы производились известково-песчаными составами (без цемента). Следует отметить, что на всех представленных образцах нижележащие окрасочные, штукатурные и затирочные слои не удалялись должным образом, поэтому они напоминают слоеный пирог. Первоначально фасад здания был оштукатурен известково-песчаными растворами и окрашен минеральными составами. Цветовая гамма фасада характерна для исторической застройки г. Бреста [5–7].

Многие десятилетия из-за отсутствия средств реставрация зданий в большинстве случаев сводилась лишь к легкому косметическому ремонту. Неоднократные ремонты привели к образованию многослойного «пирога»

из цементной, известковой штукатурки и различных по качеству других отделочных материалов. Однако, не устранив первопричину, невозможно приостановить процессы разрушения отделки здания [3].

При реставрации объектов культурного наследия, в особенности при финишном окрашивании, необходимо учитывать две противоположные тенденции. С одной стороны, памятник культуры нужно рассматривать как исторический документ и наследие прошлых веков, с другой – необходимо обновить и вернуть объект к состоянию, которое он имел в исторический момент, создать иллюзию так называемого «эффекта присутствия», не переходя за грань фальсификации [8].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь / склад. В. Я. Абламскі, І. М. Чарняўскі, Ю. А. Барысюк. – Мінск : БелТА, 2009. – 684 с.
2. Никитин, Н. К. Химия в реставрации : справ. пособие / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – Л. : Химия, 1990. – 304 с.
3. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйнт-медиа, 2006. – 320 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям : пер. с англ. / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке ; под ред. Л. Н. Машляковского. – М. : Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
5. Тур, Э. А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2018. – № 1. – С. 17–21.
6. Тур, Э. А. Исследование отделочных материалов, использованных при реконструкции фасадов железнодорожного вокзала Брест-Центральный / Э. А. Тур, С. В. Басов // Реставрация историко-культурных объектов в Брестской области как сохранение культурного наследия Республики Беларусь : сб. ст. науч.-техн. семинара, Брест, 25 сент. 2019 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. Э. А. Тур. – Брест, 2019. – С. 73–78.
7. Тур, Э. А. Комплексные научные исследования реконструируемого исторического здания синагоги «Экдеш» в г. Бресте / Э. А. Тур, И. О. Топоренко // Менделеевские чтения – 2021 : сб. материалов Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 26 февр. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Э. А. Тур, Н. Ю. Колбас, Н. С. Ступень ; под общ. ред. Н. Ю. Колбас. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 132–137.
8. Куртуков, В. А. Об особенностях выбора строительных материалов для реставрации объектов историко-культурного наследия // Вестн. ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 66–69.

[К содержанию](#)

УДК 72.025.4(476.7)

Э. А. ТУР, В. В. ТРИЧИК, Е. Ю. РУСАК

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СВЯТО-РОЖДЕСТВА-БОГОРОДИЦКОЙ ЦЕРКВИ-КРЕПОСТИ
ОБОРОНИТЕЛЬНОГО ТИПА В Д. МУРОВАНКА
КАК ОБЪЕКТА ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ**

Изучение, сохранение и реставрация недвижимых объектов историко-культурного наследия Республики Беларусь являются необходимым условием предупреждения процесса разрушения национального богатства и сохранения духовности нашего народа.

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 9 января 2006 года «Аб ахове гісторыка-культурнай спадчыны Рэспублікі Беларусь» материальные историко-культурные ценности делятся на четыре категории. Самая ценная из них – категория «0» – историко-культурные ценности, включенные или предложенные для включения в установленном порядке в Список всемирного культурного и природного наследия или Список всемирного наследия, находящегося под угрозой [1]. Церковь-крепость в д. Мурованка Гродненской области является объектом категории «0». Она, наряду с храмом в Сынковичах, образец православной готики оборонного типа в Беларуси, возведена в 1524 г. Здание имеет трехнефную четырехстолпную структуру каменного храма зального типа с одной апсидой, перекрыто сложной системой сводов, завершается высокой двускатной медной крышей со щипцами на торцах. Углы фланкированы круглыми башнями с шатровой кровлей и увенчаны крестами. Под полом молельного зала устроен сводчатый склеп – крипта. Фундаменты сложены из необработанных валунов средних и больших размеров на известково-песочном растворе с заполнением пустот битым кирпичом и мелким камнем, глубина заложения до современной дневной поверхности – 2,8–3 м. Цоколь выступает от наружной плоскости стен на 0,5–0,7 м, поэтому общая толщина фундаментов достигает почти 3 м. Уровень древней поверхности XVI в. находится на глубине 0,6 м (фото).

Стены возведены в технике готической кладки из кирпича-пальчатки на известково-песчаном растворе. Швы толщиной 3,5–2 см аккуратно подрезаны и имеют в профиле треугольную форму.

Композиция фасадов решена в виде чередования изначально только оштукатуренных плоскостей декоративных ниш и открытой кирпичной кладки красного цвета, что придавало живописность внешнему облику

храма-крепости. Поверхность стен имеет оборонительные элементы – бойницы. Декоративные ниши углублены в стены с таким расчетом, чтобы не показывать их реальной толщины. Для лицевой кирпичной кладки на фасадах использовался кирпич с различным временем обжига, что влияло на цветовую гамму – от охристого до черного. Первоначальное покрытие кровли было выполнено из плоской керамической черепицы местного производства. Покрытие пола молельного зала и алтаря из квадратных майоликовых плиток двух цветов (голубого и зеленого), уложенных в шахматном порядке параллельно стенам (утрачено до начала XIX века).

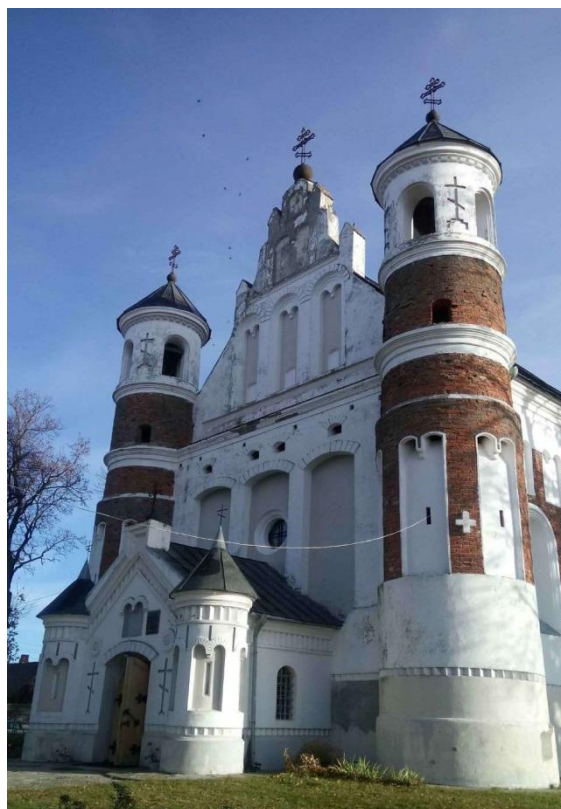


Фото – Церковь-крепость в д. Мурованка

Сотрудниками Брестского государственного технического университета были проведены комплексные научные исследования Свято-Рождества-Богородицкой церкви-крепости. Исследовались штукатурные, кладочные и затирочные известково-песчаные и известково-цементно-песчаные растворы согласно известным методикам [2–4]. Соответствующие растворы очень близки по соотношению компонентов и составу, а также по гранулометрическому составу заполнителя. Ряд растворов кардинально отличается по соотношению компонентов вяжущее : заполнитель и по гранулометрическому составу заполнителя. Аутентичные

кладочные и штукатурные растворы (1524) отличаются более высоким содержанием вяжущего (извести) [3]. Наименование и характеристики исследованных штукатурных растворов, обнаруженных на внутренних поверхностях стен собора, приведены в таблице. Минеральный состав заполнителя полевошпатово-кварцевый, в основном кварцевый песок. Во многих известково-песчаных составах отмечены отдельные вкрапления извести размером 1–2 мм. В обоих кладочных и одном штукатурном составе обнаружено присутствие крупных частиц полевого шпата размером от 4 до 10 мм. Значения рН водных вытяжек растворов – без особенностей (в пределах нормы).

Цвета лакокрасочных покрытий и окрасочных составов указаны по каталогу «3D plus System» компании CAPAROL. Цвет покрытия определяли путем визуального сравнения образца с эталонной типографской выкраской [2–4]. Для устранения метамерии определение цвета проводили при рассеянном естественном освещении.

Первоначально нервюра в молельном зале (внутренняя поверхность стены здания) (1524) была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß. Первоначально основная плоскость наружной поверхности стены притвора слева от входа в здание (достройка в 1872 году) была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß. Первоначально цоколь, нижняя часть (1524), был окрашен составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß. Первоначально основная плоскость наружной поверхности стены (1524) была окрашена составом белого цвета на минеральной основе. Цвет близок к образцу Natur-Weiß (таблица).

Здание неоднократно перекрашивалось составами на минеральной основе. Первоначальные штукатурные работы производились известково-песчаными составами. Следует отметить, что на всех представленных образцах нижележащие окрасочные и затирочные слои не удалялись должным образом. Первоначально внутренние и наружные поверхности стен здания были оштукатурены известково-песчаными растворами и окрашены минеральными составами.

Пятна зеленого и черного цвета, имеющие место на исследованных поверхностях образцов, представляли собой грибы и водоросли. С поверхностей образцов были взяты пробы, которые рассеяли в чашки Петри с агаризованной средой Чапека. Во всех пробах был выявлен высокий уровень микробной обсемененности, окраска колоний микроорганизмов соответствовала окраске проб. В пробах с зеленой окраской преобладали микроскопические водоросли рода *Pleurococcus*, в пробах с черной окраской – микроскопические грибы рода *Alternaria* [3; 5].

Таблица – Характеристики штукатурных и кладочных растворов, обнаруженных на наружных и внутренних поверхностях стен здания

№ образца; характеристика штукатурного раствора (вид раствора, количественное соотношение вяжущее : наполнитель)	Гранулометрический состав наполнителя по фракциям, %				
	0,125–0,25 мм	0,25–0,5 мм	0,5–1 мм	1–2 мм	более 2 мм
Образец 1 (клад.) изв-песч = 1 : 4,3 – 1 : 4,5	16	28	41	10	5**
Образец 2/1 (штук.) изв-песч = 1 : 1	75	22	2,5	0,5	–
Образец 2/2 (штук.) изв-песч = 1 : 3	53	33	11	2,8	0,2
Образец 3/1 (штук.) изв-песч = 1 : 4,5	17	18	33,5	25,5	6**
Образец 3/2 (штук. ремонтный) изв-цем-песч = 1 : 1 : 2 – 1 : 1 : 3	19	23	35	21	2
Образец 3/3 (затирочный, ремонтный) изв-цем-песч = 1 : 1 : 3	Очень малое количество раствора, невозможно определить гранулометрический состав наполнителя				
Образец 4/1 (штук.) изв-песч = 1 : 2 – 1 : 2,5	46,5	46	7	0,5	–
Образец 4/2 (штук. ремонтный) изв-цем-песч = 1 : 1 : 2 – 1 : 1 : 3	19	23	35	21	2
Образец 5 (штук.) изв-песч = 1 : 4,5 – 1 : 4,8	39	24,5	26,5	8,5	1,5
Образец 6 (клад.) изв-песч = 1 : 4,3 – 1 : 4,5	14	23	40	21	2**
Примечание – ** – наличие крупных частиц полевого шпата.					

Анализ результатов обследования объекта дал основание предположить, что причиной таких масштабных биоповреждений является целый комплекс факторов, а именно: дефекты кровли, отсутствие водосточных труб, отскок дождевой воды, плохое состояние кирпичной основы. Для борьбы с биологической коррозией рекомендуется использовать следующие препараты импортного производства, специально предназначенные для удаления биологических загрязнений (грибов, водорослей, плесени) и предотвращения их появления на минеральных строительных материалах, и методы обработки ими фасадов:

1) обработка водоразбавляемым фунгицидным, альгицидным и бактерицидным средством Parmetol DF-35 фирмы Schülke & Mayr (Германия), не содержащим фенола и солей тяжелых металлов;

2) предварительная очистка поверхности специальным экологичным средством, не содержащим активного хлора и солей тяжелых металлов Remmers Grunbelag-Entferner фирмы Remmers (Германия) с последующей обработкой бактерицидным, фунгицидным и альгицидным средством Remmers Impragnierung VFA фирмы Remmers (Германия), не содержащим фенола, формальдегида и солей тяжелых металлов [3; 5].

Проведению штукатурных и покрасочных работ должны предшествовать восстановление не только кровли, но и водосточных систем, а также работы по гидроизоляции здания.

Научный подход к вопросам реставрации памятников культуры в Республике Беларусь позволяет сохранить историко-культурное наследие нашей страны [6–8]. Сохранение историко-культурного наследия нашей страны является обязательной функцией современного государства и составляет одно из направлений его политики в сфере культуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь / склад. В. Я. Абламскі, І. М. Чарняўскі, Ю. А. Барысюк. – Мінск : БелТА, 2009. – 684 с.
2. Никитин, Н. К. Химия в реставрации : справ. пособие / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – Л. : Химия, 1990. – 304 с.
3. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и поврежденных солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : Пэйнт-медиа, 2006. – 320 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям : пер. с англ. / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке ; под ред. Л. Н. Машляковского. – М. : Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
5. Тур, Э. А. Реставрация Коссовского дворца Пусловских и решение возникших при этом технических проблем / Э. А. Тур, В. Н. Казаков, С. В. Басов // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2017. – № 1. – С. 128–131.
6. Тур, Э. А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2018. – № 1. – С. 17–21.
7. Тур, Э. А. Исследование минеральных материалов, использованных при постройке дворцового комплекса Сапегов в Ружанах / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2014. – № 1. – С. 88–91.
8. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э. А. Тур [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2020. – № 1. – С. 147–152.

[К содержанию](#)

УДК 546.175:581.543.4

А. В. ХАДАНОВИЧ, А. Д. ЗАЙЦЕВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

НАКОПЛЕНИЕ НИТРАТОВ ОВОЩНЫМИ КУЛЬТУРАМИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Азот входит в состав аминокислот, амидов, белков, нуклеиновых кислот, нуклеотидов и многих других органических соединений. При недостатке азота рост растений замедляется, ветвление корней уменьшается. Одним из ранних проявлений дефицита азота является бледно-зеленая окраска листьев, вызванная ослаблением синтеза хлорофилла. Длительное азотное голодание приводит к гидролизу белков и разрушению хлорофилла в нижних листьях и оттоку образующихся азотных соединений в молодые ткани, что приводит к изменению окраски, которая может варьироваться в зависимости от видов растений; окрасках нижних листьев приобретает желтые, оранжевые или красные оттенки. При более сильном азотном голодании появляются некрозы, в результате которых ткани высыхают и отмирают. Дефицит азота ускоряет развитие растений и созревание семян [1].

Предотвратить азотное голодание растений позволяет грамотное применение азотсодержащих удобрений.

На тяжелых почвах овощные культуры накапливают нитратов больше, чем на легких. На накопление нитратов оказывает влияние и режим орошения овощных культур. Избыток воды влияет на растворимость азотных удобрений, и нитрат-ионы выносятся за пределы корнеобитаемой зоны, тем самым уменьшается их содержание в растениях. Вместе с тем на увеличение содержания нитратов влияют болезни, вредители сельскохозяйственных культур, способы предпосевной обработки почвы. Под каждую культуру минеральные удобрения вносят в правильном соотношении элементов питания. Фосфорные и калийные удобрения снижают отрицательное действие азотных.

В значительной степени возрастает концентрация нитратов в овощах при использовании нитратных форм удобрений – аммиачной, калийной и натриевой селитры. Подкармливать растения лучше амидными или аммонийными формами (карбонид, сульфатамонил). Амидная форма азота мочевины безопаснее. Она разлагается в почве с образованием аммиака. Аммиачный азот поглощается растениями и включается в аминокислотные белки без накопления нитрат-ионов [2].

Объект исследования – образцы дерново-подзолистой супесчаной почвы, с внесением и без внесения минерального удобрения, и растения, принадлежащие к семействам Бобовые, Тыквенные, Зонтичные.

Методы исследования – фотоколориметрический, ионометрический, титриметрический, потенциометрический. Определение агрохимических характеристик почвы и количественное определение содержания нитрат-ионов проводили по стандартным методикам [3–6].

Проведен микрополевой однофакторный опыт I (контроль) – растения высаживались в почву без внесения азотсодержащего удобрения. II – в почву вносили 20 г/м² минерального удобрения (карбамид), вторая доза которого составляла 10 г/м² и внесена в почву во время вегетации растений. III – выращивание растений проводили на почве без внесения удобрения, подкормку проводили по листу изучаемых представителей семейств раствором, полученным путем смешивания 20 г удобрения на 10 л воды (1 л раствора на одно растение).

Изучаемая почва без и с внесением азотсодержащего удобрения характеризовалась следующими агрохимическими показателями: значениями рН солевой вытяжки 6,7 и 6,9; рН водной вытяжки – 6,8 и 7,3; гидролитической кислотностью – 3,1 и 5,4 мг-экв/г; содержанием Р₂О₅ – 59 и 68 мг/кг; К₂О – 54 и 69 мг/кг; гумуса 2,4 и 3,4 % соответственно. Содержание нитрат-ионов составило в почве без внесения удобрения 27 мг/кг, с внесением карбамида в почву – 39 мг/кг.

В таблице представлены результаты количественного определения нитрат-ионов в растительной продукции, выращенной в условиях микрополевого опыта в 2022 году.

Таблица – Содержание нитрат-ионов в плодоовощной продукции (осень 2022 года) в мг/кг

Растения	Содержание нитрат-ионов			ПДК
	1	2	3	
Семейство Бобовые				
Фасоль	145,4 ± 5,2	197,3 ± 11,3	256,3 ± 9,7	300
Спаржевая фасоль	116,3 ± 12,2	182,6 ± 5,4	234,2 ± 7,6	300
Семейство Тыквенные				
Тыква	140,1 ± 7,3	274,2 ± 7,6	357,4 ± 10,3	400
Патиссон	102,3 ± 4,21	176,0 ± 8,3	252,5 ± 7,2	400
Семейство Зонтичные				
Морковь	147,4 ± 5,1	264,5 ± 7,7	296,4 ± 11,3	400
Сельдерей	472,6 ± 18,6	987 ± 43	1347 ± 34	2000
Примечание – Содержание NO ₃ ⁻ в растениях, выращенных на почвах: без внесения удобрений – 1, с внесением удобрений – 2, внесение по листу – 3.				

Плодоовощная продукция, выращенная с внесением карбамида различными способами, характеризуется более высокими значениями концентрации нитратов. Наибольшее увеличение концентрации нитрат-ионов отмечалось для представителей семейства Зонтичные – сельдерея от 472 до 1347 мг/кг, что составило 185 %. Увеличение содержания нитрат-ионов в образцах тыквы, выращенной на участке с внесением удобрения в почву, составило – 96 %, с внесением удобрения по листу – 155 %.

Изменение содержания нитрат-ионов в образцах растений различных семейств может быть связано с рядом факторов, в частности с неправильной дозировкой удобрений, немаловажное значение имеет видовой специфика. Все превращения азота возможны только при наличии тепла, воды, энергии, света и микроэлементов в оптимальных количествах. При отсутствии данных факторов происходит повышенное или избыточное накопление нитрат-ионов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, В. В. Физиология растений : учебник / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М. : Абрис, 2011. – 783 с.
2. Зорина, Е. В. Определение содержания нитратов в различных сортах яблок и груш / Е. В. Зорина, И. А. Порунова, Т. К. Воропаева // Современ. техн. и науч.-техн. прогресс / Ангар. гос. техн. ун-т. – 2003. – Т. 1, № 1. – С. 39–40.
3. Почвы. Определение нитратов монOMETрическим методом : ГОСТ 26951-86. – Введ. 01.08.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
4. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов : ГОСТ 29270-95. – Введ. 01.01.1997. – М. : Стандартинформ, 2010. – 11 с.
5. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО : ГОСТ 26483-85. – Введ. 01.01.1985. – М. : М-во сел. хоз-ва СССР, 1985. – 6 с.
6. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26212-91. – Введ. 29.12.1991. – Ком. стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 7 с.

[К содержанию](#)

УДК 544.653.2/.3+546.74+546.56-121+546.26

**А. Б. ЩЕРБАКОВА¹, О. Н. ВРУБЛЕВСКАЯ², Б. БОЛОРМАА³,
Г. СЕВЖИДСУРЕН³**

¹Беларусь, Минск, БГУ

²Беларусь, Минск, НИИ ФХП БГУ

³Монголия, Улан-Батор, Институт физики и технологии МАН

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРОШКИ НИКЕЛЬ-МЕДЬ-УГЛЕРОД И ПОРОШКОВЫЕ СПЛАВЫ НИКЕЛЬ-МЕДЬ КАК КАТАЛИЗАТОРЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ РАСТВОРА ЩЕЛОЧИ

Одной из актуальных практических задач современной электрохимии является создание эффективных долговечных катализаторов для низкотемпературных топливных элементов, топливом для которых является водород. Катализаторы должны характеризоваться стабильностью каталитических свойств и устойчивостью к коррозии в условиях эксплуатации. Таким условиям соответствуют платина и другие благородные металлы, но высокая стоимость ограничивает их промышленное применение. Высокой каталитической активностью, близкой к благородным металлам, в электрохимическом процессе восстановления водорода (ЭПВВ) из растворов щелочей и высокой коррозионной стойкостью характеризуется никель [1; 2]. Для увеличения его каталитической активности авторы работ [1; 2] предлагают использовать сплавы никеля с Sn, W, Cu, для обеспечения меньшей, чем для никеля прочности связи при физической адсорбции атомарного водорода, выделяющегося на первой стадии ЭВВ в щелочных водных растворах. Для увеличения каталитической площади поверхности электрода предлагается использовать композиционные электроды на основе никеля или его сплавов, содержащих графит [2].

Цель работы – анализ каталитической активности и ее сохранности при эксплуатации катализаторов, состоящих из ультрадисперсных порошковых сплавов Ni-Cu и терморасщепленного графита (ТРГ), в процессе ЭВВ в растворе щелочи.

Методика эксперимента. Порошки никеля и его сплавов Ni-Cu получали при восстановлении Ni(II) и совместном восстановлении Ni(II) и Cu(II) гидразин-гидратом в водном растворе по методике, приведенной в работе [3], при варьировании молярных концентраций $[Ni^{2+}] / [Cu^{2+}]$ от 10 : 1 до 5 : 1. Для приготовления композитных порошков синтезированные сплавы смешивали с ТРГ в соотношении 99 : 1 (по массе). Из порошковых сплавов и композитов готовили каталитически чернила (40 мг порошка, 20 об.% изопропилового спирта, 0,4 об.% NafionTM 117 (5 %, Sigma Aldrich), 79,6 об.% H₂O_(бидист)), которые наносили в два слоя

на поверхность рабочего графитового электрода с диаметром 0,5 см, в соответствии с методикой и рекомендациями [3; 4]. Боковые стенки графитового стержня изолировали полимером устойчивым в растворе щелочи. Оценку каталитической способности и коррозионной устойчивости порошков проводили в 0,1 М растворе КОН при 20 ± 2 °С в трехэлектродной ячейке с платиновыми вспомогательным электродом и псевдо-электродом сравнения. Циклические вольтамперные (ЦВА) кривые записывали с помощью потенциостата-гальваностата PGSTAT204 (Metrohm Autolab, Нидерланды) и программного обеспечения Nova 2.1. Каталитическую активность порошковых сплавов и композитов анализировали по характеристикам ЦВА кривых, определяя потенциал начала восстановления водорода $E_0(H_2)$ и потенциал, при котором плотность тока достигает 10 mA/cm^2 (E_{10}) (такая плотность тока – критерий для оценки каталитической активности катализаторов, применяемых в ЭВВ) [1; 2]. Анализ проводили только после пятикратной циклической проработки рабочего электрода с каталитическими чернилами, содержащими металлические или композиционные порошки; при дальнейшем циклировании потенциалы начала выделения водорода и плотности возникающих катодных токов не меняются до 25 циклов и более.

Результаты и их обсуждение. Получены порошковые сплавы Ni-Cu, содержащие 7 и 18 масс.% меди, состоящие из сферических частиц с диаметром 0,2–0,3 мкм и рыхлых агрегатов с размерами 2–10 мкм (рисунок 1, а, б). При приготовлении композитов – смешивании сплавов Ni-Cu с ТРГ (характеризуется пластинчатой структурой (рисунок 1, д) – агрегаты разрушаются и исходные частицы перераспределяются между пластинами ТРГ (рисунок 1, з).

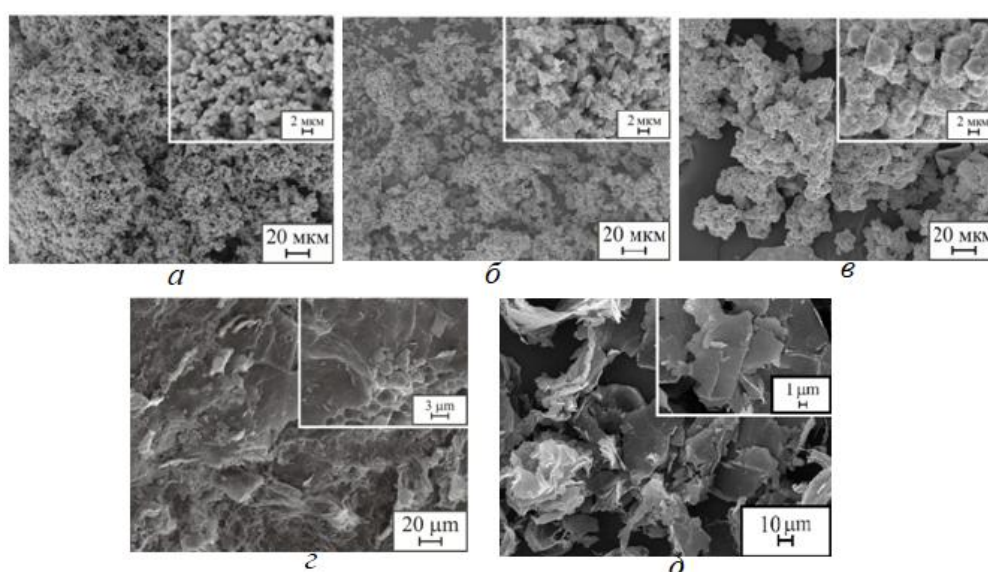


Рисунок 1 – СЭМ-фотографии порошков (LEO-1420, Carl Zeiss, Германия):
а – Ni; б – Ni₉₃Cu₇; в – Ni₈₂Cu₁₈; з – ТРГ+Ni₉₃Cu₇; д – ТРГ

В таблице приведены $E_0(H_2)$ и E_{10} для порошковых сплавов и композиционных порошков. В случае рабочих электродов с «каталитическими чернилами», содержащими Ni, Ni93Cu7 и Ni82Cu18, значения $E_0(H_2)$ равны $-1,88$ В, $-0,86$ В и $-1,10$ В, а плотность тока, равная 10 mA/cm^2 , достигается при $-1,05$ В, $-1,22$ В и $-1,5$ В соответственно, т. е. никель является более эффективным катализатором в рассмотренном ряду металлических порошков.

Потенциалы начала выделения водорода для композиционных порошков Ni93Cu7+ТРГ и Ni82Cu18+ТРГ имеют более положительные значения, в сравнении с металлическими порошками $-0,83$, $-1,02$ В. E_{10} для композиционного порошка Ni93Cu7+ТРГ составляет $-0,86$ В, т. е. такой электродный материал – наилучший катализатор ЭВВ как в ряду композитных порошков, так и порошков никеля и сплавов Ni-Cu.

Для анализа коррозионной устойчивости порошков никеля, Ni-Cu и композиционных порошков записывали потенциодинамические поляризационные кривые (скорость развертки потенциала – 1 мВ/с) для рабочих электродов с «каталитическими чернилами» разного состава (рисунок 2). Из анализа кривых определяли величины потенциалов ($E_{кор}$) и токов ($I_{кор}$) коррозии (таблица).

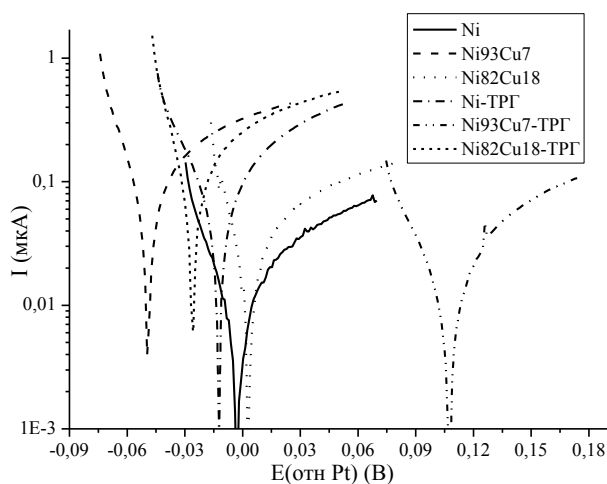


Рисунок 2 – Коррозионные кривые для порошковых сплавов и композиционных порошков в 0,1 М растворе КОН

Таблица – Результаты электрохимических испытаний

Порошок	Ni	Ni93Cu7	Ni82Cu18	Ni+ТРГ	Ni93Cu7+ТРГ	Ni82Cu18+ ТРГ
E_{10} , В	$-1,05$	$-1,22$	$-1,5$	$-1,41$	$-0,86$	$-1,5$
$E_0(H_2)$, В	$-0,88$	$-0,86$	$-1,1$	$-0,90$	$-0,83$	$-1,02$
$I_{кор}$, нА	3,64	30,9	11,4	21,1	4,9	35,7
$E_{кор}$, мВ	$-2,4$	-47	2,5	$-13,0$	107,8	$-27,8$

Наиболее устойчивым к коррозии в растворе КОН является композиционный порошок Ni₉₃Cu₇+ТРГ. Наименьшей коррозионной устойчивостью характеризуется Ni₉₃Cu₇. По увеличению коррозионной устойчивости сплавы и композиционные порошки можно расположить в ряд: Ni₉₃Cu₇ → Ni₈₂Cu₁₈ + ТРГ → Ni-ТРГ → Ni → Ni₈₂Cu₁₈ → Ni₉₃Cu₇ + ТРГ.

Заключение. Установлено, что наиболее перспективным для использования в катализе ЭВВ является композиционный порошок, содержащий сплав Ni₉₃Cu₇ и терморасщепленный графит, так как обеспечивает наибольшие эффективность в выделении водорода и коррозионную устойчивость в сравнении с порошками Ni, Ni₉₃Cu₇ и Ni₈₂Cu₁₈ и их смесями с терморасщепленным графитом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Is there anything better than Pt for HER? / J. N. Hansen [et. al.] // ACS Energy Lett. – 2021. – Vol. 6, № 4. – P. 1175–1180.
2. Wang, S. Hydrogen production from water electrolysis: role of catalysts / S. Wang, A. Lu, C. J. Zhong // Nano Converg. – 2021. – Vol. 8, № 1.
3. Каталитическая активность порошковых сплавов никель-медь в процессах электрохимического выделения водорода в растворе щелочи и щелочном растворе этанола / О. Н. Врублевская [и др.] // Изв. НАН Беларуси. Сер.: Химия. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 36–44.
4. Campos-Roldán, C. A. Experimental Protocol for HOR and ORR in Alkaline Electrochemical Measurements / C. A. Campos-Roldán, R. G. González-Huerta, N. Alonso-Vante // J. Electrochem. Soc. – 2018. – Vol. 165, № 15. – P. J3001–J3007.

[К содержанию](#)

УДК 575.112+547.551.1+547.861.3

П. С. ЯКОВЕЦ, Я. В. ФАЛЕТРОВ, В. М. ШКУМАТОВ
Беларусь, Минск, БГУ

СИНТЕЗ И ВИРТУАЛЬНЫЙ СКРИНИНГ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫЕ ФРАГМЕНТЫ, ДЛЯ НОВЫХ БЕЛКОВЫХ МЕТОК И ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ

Поиск биологически активных веществ может осуществляться методами комбинаторной химии, путем рационального сочетания структур лигандов и рецепторов с последующей *in silico* оценкой их взаимного сродства и конформаций в лиганд-рецепторных комплексах. Одним из

эффективных подходов является скрининг на основе фрагментов (FBDD – Fragment-based drug discovery). При таком методе структура целевых молекул воссоздается путем постепенного конструирования на основе небольших фрагментов, способных связываться с активным сайтом рецептора. Объединение таких фрагментов позволяет получать лиганды с более высоким сродством и (или) комбинированными физико-химическими и биологическими свойствами. В данной работе были составлены структуры соединений с использованием подхода FBDD (рисунок), содержащие электрофильный фрагмент $-\text{CH}_2\text{-Br}$, позволяющий ковалентно модифицировать аминокислоты Cys, His в белках, и проведен их синтез и расчетно-теоретическая оценка биологической активности в отношении потенциальных белковых мишеней.

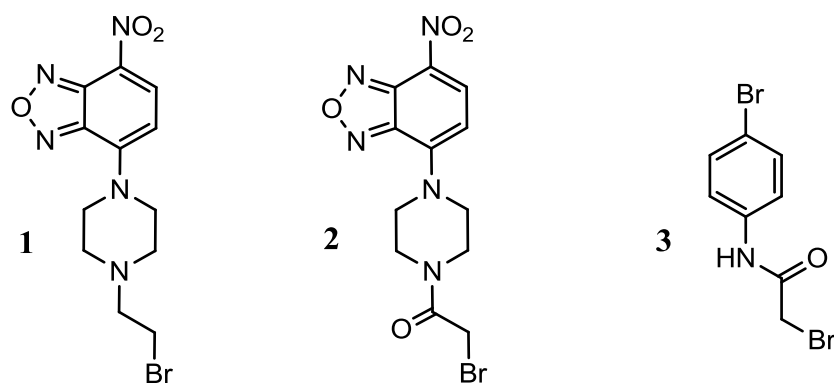


Рисунок – Структуры целевых соединений

Для молекулярного докинга использовали AutoDock Vina 1.1.2 (область докирования $4 \times 4 \times 4$ нм по центру белка, шаг 0,1 нм, параметр Exhaustiveness 12, рассчитывалось пять моделей). Подготовку файлов лигандов и белков и визуализацию результатов проводили с помощью программного пакета MGL Tools (The Scripps research lab.). Для автоматизации организации, запуска расчетов при помощи программы Autodock Vina и анализа полученных результатов использовали оригинальную программу-помощник FYTdock [1]. В качестве лигандов нами были составлены три структуры соединений, которые потенциально могут выступать ковалентными ингибиторами или молекулярными пробами: 4-(4-(2-бромэтил)пиперазин-1-ил)-7-нитробензофуразан (1), 2-бром-1-(4-(нитробензофуразан-4-ил)пиперазин-1-ил)этанон (2), 2-бром-N-(4-бромфенил)ацетамид (3). Для создания библиотеки структур белков из базы Protein Data Bank было выбрано примерно 2900 структур белков *Mycobacterium tuberculosis*, более 500 случайных структур белков различных видов бактерий, 4782 структуры белков дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*,

60 структур катепсинов – лизосомальных цистеиновых протеаз – для моделирования взаимодействия с лигандами 1 и 2, поскольку фрагмент 4-нитро-7-пиперазинобензофуразана (NBD-PZ) является классическим лизосомотропным агентом. В расчет принимали результат, если величина энергии связывания (E_{bind}) была не более 6,0 ккал/моль и по величине расстояния от электрофильного фрагмента структуры лигандов до атома серы тиольной группы остатков цистеина в полученных *in silico* комплексах белок-лиганд не превышало каждое 0,45 нм (критерий дистанции).

Краткая методика синтеза соединения 1: навеску 1-(2-бромэтил)пиперазина, полученного из пиперазина и 1,2-дибромэтана, растворяли в метаноле, содержащем дополнительно гидрокарбонат натрия. В полученную смесь при перемешивании добавляли по каплям раствор 4-хлор-7-нитробензофуразана в метаноле. В результате перемешивания на протяжении часа продукт был обнаружен с помощью метода ТСХ и высушен на роторном испарителе. Выход соединения 1 составил 69 %.

Получение соединения 3: навеску 4-броманилина растворяли в ацетонитриле, содержащем дополнительно триэтиламин. В полученный раствор при перемешивании на ледяной бане из изопропанола, замороженного жидким азотом, добавляли по каплям раствор бромацетилбромида в ацетонитриле. Полученную смесь выдерживали один час. Полноту превращения оценивали по ТСХ. Продукт очищали колоночной хроматографией (элюировали сначала бензолом, по мере приближения целевой фракции к выходу из колонки элюировали хлороформом). Выход соединения 3 составил 69 %. ^1H ЯМР 5–10 %-го раствора соединения 3 в диметилсульфоксиде (DMSO- d_6) проводили на приборе Bruker Avance-500 (Германия) с рабочей частотой 500 МГц. Химические сдвиги измеряли по шкале δ сигнала остаточных протонов в DMSO ($\delta = 2.50$ м.д.). Соединение 3: ^1H NMR: $\delta = 10.52$ (s, 1H, NH), 7.57 – 7.54 (m, 2H, 2CH-benzene), 7.53 – 7.50 (m, 2H, 2CH-benzene), 4.03 (s, 2H, CH_2); ESI-MS: m/z [M] $^+$ теор. для $\text{C}_8\text{H}_7\text{Br}_2\text{NO}$: 291+293+295, найдено: 291+293.

Методика получения соединения 2 описана в работе [2]. ESI-MS: m/z 449.9 [M+Br] $^-$ для $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{N}_5\text{O}_4\text{Br}_2$; теор. $m/z = 449.92$.

По результатам компьютерного моделирования для лиганда 1 было выявлено аффинное связывание с Сортазой Б (PDB: 1qxa) из *Staphylococcus aureus*, играющей важную роль в патогенезе инфекций человека, *E. Coli* Gsp амидазой (PDB: 1qxa), регулирующей окислительно-восстановительную среду *E. Coli*, β -лактамазой (PDB: 6h27) S70C BlaC из *Mycobacterium tuberculosis*, способствующей развитию природной устойчивости к β -лактамам антибиотикам, метионин-S-аденозилтрансферазой (PDB: 7ock) из *E. Coli*, являющейся мишенью для лекарственных средств, с ориентацией фрагмента $-\text{CH}_2-\text{Br}$ к атому серы в цистеине и энергиями связывания от $-6,5$ до $-7,3$ ккал/моль.

Важно отметить, что, несмотря на локализацию электрофильного фрагмента лиганда вблизи цистеина, данные лиганд-рецепторные взаимодействия могут быть затруднены вследствие недостаточно геометрически и энергетически выгодного расположения лиганда в белке. Соединение 1 демонстрировал интраакции с высокой аффинностью и благоприятным расположением фрагмента $-\text{CH}_2\text{-Br}$ для ковалентного связывания со следующими бактериальными белками: *E. coli* бифункциональной глутатионилспермидин синтетазой/амидазой (PDB: 2ioa) и *E. coli* K-12 метионин аминокептидазой (PDB: 2gg7) с энергиями связывания $-8,3$ ккал/моль и -7 ккал/моль соответственно. Данные ферменты являются мишенями для лекарственных средств, и ингибиторы этих ферментов могут оказаться полезными в качестве новых антибактериальных агентов [3; 4].

Для лиганда 1 в том числе было выявлено аффинное связывание с некоторыми структурами катепсинов S (коды PDB 3n4c, 2h7j, 2op3) со значениями E_{bind} от $-7,7$ до $-7,3$ ккал/моль с ориентацией электрофильного фрагмента $-\text{CH}_2\text{-Br}$ около S-атома в цистеине, а также связывание с рядом белков *Saccharomyces cerevisiae* (коды PDB 4j86, 3flo, 6c0f, 4msx, 4phg, 3bnm, 2qrk; E_{bind} от $-7,9$ до $-6,9$ ккал/моль). Такое расположение фрагмента $-\text{CH}_2\text{-Br}$ вблизи цистеина открывает перспективы для дальнейших исследований возможности данного соединения выступать в качестве ковалентного ингибитора или молекулярного зонда.

Соединение 2-бром-1-(4-(нитробензофуразан-4-ил)пиперазин-1-ил)этанол имело ориентацию фрагмента $-\text{CH}_2\text{-Br}$ около гистидина C37L/C151T/C442A-тройного мутанта CYP51 (PDB: 1u13) из *Mycobacterium tuberculosis*, микроцин-процессирующей металлопротеазы TldD/E (PDB: 5nj5) из *E. Coli*, CYP134A1 с замкнутой петлей связывания субстрата (PDB: 3NC3) из *Bacillus subtilis* и другими белками бактерий (PDB: 5njf, 5njc, 2VZM, 3LXI, 4BF4, 2irv, 3zeb, 5hdi, 1T2B, 4EGM, 3ZC3, 1P7R) с энергиями связывания от $-6,7$ до $-9,0$ ккал/моль.

Лиганд 3 связывался только с мутантным гемовым доменом A264C цитохрома P450 BM3 (PDB: 3EKB) из *E. Coli* с локализацией атома брома соединения близко к цистеину и энергией связывания $-6,0$ ккал/моль.

В ходе работы был синтезирован ряд соединений, содержащих фрагмент $-\text{CH}_2\text{-Br}$, способный ковалентно связываться с функциональными аминокислотами в белках. Исходя из полученных расчетно-теоретических данных, выбранные лиганды могут выступать потенциальными молекулярными зондами или ингибиторами ряда интересных белковых мишеней, что открывает перспективные направления для дальнейших экспериментальных исследований *in vitro*.

Работа проведена при поддержке гранта ГПНИ № госрегистрации 20210560.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Application of docking-based inverse high throughput virtual screening to found phytochemical covalent inhibitors of SARS-CoV-2 main protease, NSP12 and NSP16 / Y. V. Faletrov [et al.] // Research Square. – 2022. – DOI:10.21203/rs.3.rs-1456627/v1. (preprint).
2. Interaction of nitrobenzoxadiazole derivatives of piperazine and aniline with bovine serum albumine *in silico* and *in vitro* / Y. V. Faletrov [et al.] // J. Belarusian State Univ. Chem. – 2021. – Vol. 2. – P. 25–35. – DOI:10.33581/2520-257X-2021-2-25-35
3. Dual binding sites for translocation catalysis by Escherichia Coli glutathionylspermidine synthetase / C.-H. Pai [et al.] // EMBO J. – 2006. – Vol. 25. – P. 5970–5982. – DOI:10.1038/sj.emboj.7601440
4. Serendipitous discovery of novel bacterial methionine aminopeptidase inhibitors / A. G. Evdokimov [et al.] // Proteins. – 2006. – Vol. 66. – P. 538–546. – DOI:10.1002/prot.21207

[К содержанию](#)

УДК 574.4:631.45:582.739:582.52

А. А. ЯНЧУК, И. В. БУЛЬСКАЯ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ИНДЕКС ТОЛЕРАНТНОСТИ ФЕСТУЛОЛИУМА ПРИ СТРЕССОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНОВ СВИНЦА

На сегодняшний день более пятой части территории Республики загрязнена тяжелыми металлами (ТМ), гербицидами, органическими растворителями, радионуклидами [1]. Попадая в растение в повышенных концентрациях, загрязнители оказывают негативное влияние на физиологические, биохимические и морфологические процессы. Так, например, загрязнение может привести к замедлению роста и развития культур, проявлению ненормативных признаков и даже к гибели растений. Более того, растения могут играть роль накопителя токсикантов. Поглощая с почвенным раствором тяжелые металлы, растения аккумулируют их в своем организме. Таким образом, загрязнители, в число которых входят тяжелые металлы, оказывают огромное влияние на продуктивность почвы.

Продуктивность почвы может быть оценена величиной фитотоксичности. Фитотоксичность представляет собой свойство почвы, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсинов, подавлять рост и развитие высших растений [2]. Для оценки фитотоксичности почвы используют

разнообразные показатели: индексов скорости прорастания семян (GRI) и всхожести семян (GI) [3], индекс толерантности (I).

Цель – определить индекс толерантности фестулолиума (*Festulolium*) к почвенным образцам загрязненными растворами свинца в концентрации $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л с и без предварительной обработки семян фестулолиума brassиностероидами: 24-эпикастастероном (ЭК) и двумя его конъюгатами с различными функциональными группами (2-моносалицилат 24-эпикастастерона (S23) и тетраиндолилацетат 24-эпикастастерона (S31)).

Материалы и методы. В качестве тест-объекта был выбран фестулолиум (*Festulolium*). Выбор объекта обусловлен высокой скоростью роста и индикативностью к полиэлементному загрязнению.

Гормоны получены в ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси». Для проведения данного исследования выбраны концентрации гормонов: 24-эпикастастерон в концентрациях 10^{-7} и 10^{-11} М, S23 в концентрациях 10^{-9} М и S31 в концентрациях 10^{-7} М, благоприятное действие которых установлено на предыдущих этапах исследования [4]. Для проведения эксперимента семена фестулолиума замачивались в растворах гормонов соответствующих концентраций в течение пяти часов.

Затем по 50 семян фестулолиума высевали в горшки, которые помещали в климатизированное помещение БрГУ имени А. С. Пушкина со следующими условиями: световой режим – 14 ч, освещение – $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, температура $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (день) / $22 \text{ }^\circ\text{C}$ (ночь), относительная влажность – 65 % (ISO 2005). Горшки были расставлены в случайном порядке и поливались ежедневно растворами свинца в соответствующих концентрациях (50 % полевой влажности почвы). Все опыты выполнены в трехкратной повторности.

Растения фестулолиума были собраны через три недели, когда они достигли стадии двух-трех настоящих листьев. Измеряли длину ростка и корешка [5]. Статистическую обработку результатов проводили в программе Microsoft Office Excel.

Индекс толерантности (I %) растений определяли как отношение среднего значения длины корня или стебля растений, выросших при определенной концентрации ионов металла (ΔL опыт), к среднему значению длины стебля/корня контрольных растений, выросших без металла (ΔL контроль) [6]:

$$I(\%) = \frac{\Delta L_{\text{опыт}}}{\Delta L_{\text{контроль}}} .$$

Результаты исследований. Индексы толерантности проростка и корня фестулолиума при проращивании в почвенных образцах, загрязненных свинцом с и без предварительной обработки семян гормонами, представлены на рисунке.

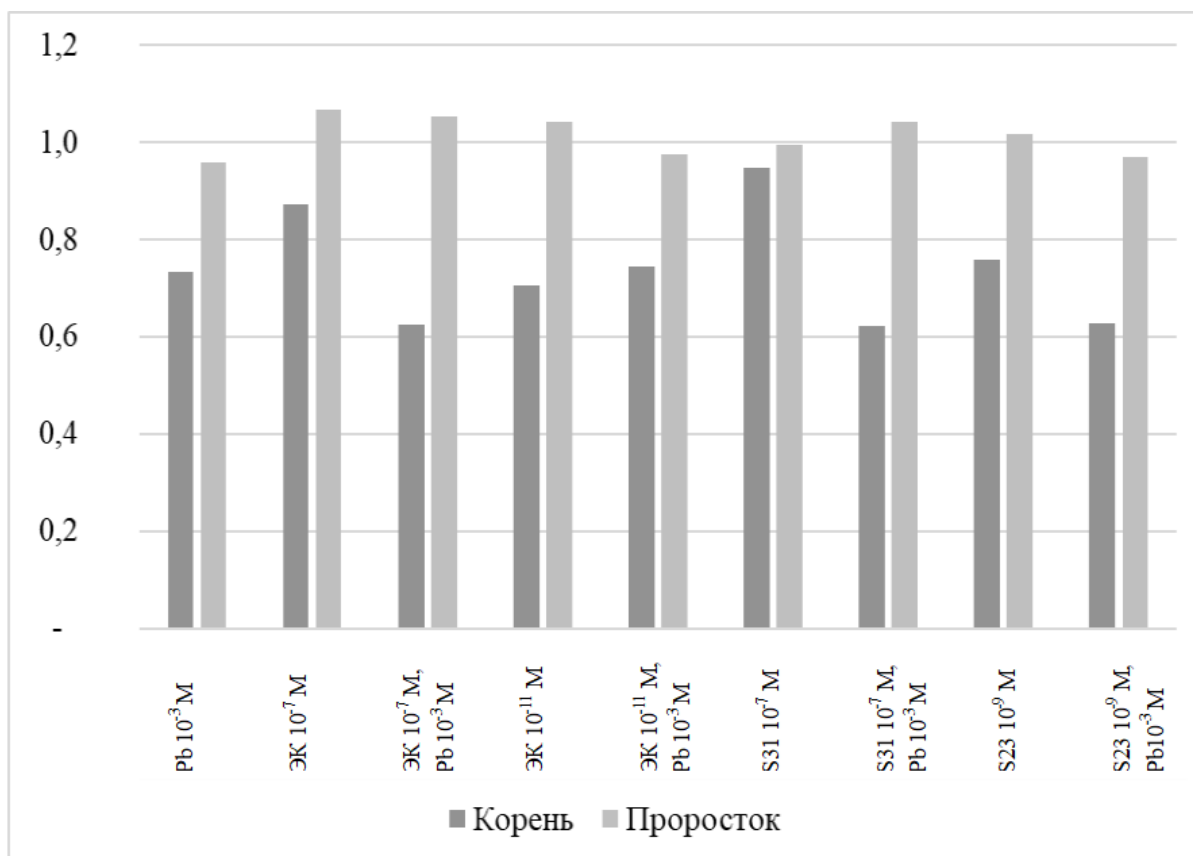


Рисунок – Индексы толерантности фестулолиума при проращивании на почвенных образцах с различными концентрациями свинца

В результате проведенных экспериментов было выявлено, что обработка семян эпикастастероном в концентрациях 10^{-7} и 10^{-11} M, а также S23 10^{-9} M положительно повлияло на рост проростков фестулолиума. Индекс толерантности проростка данных образцов превышал контроль на 2–7 %. У растений наибольшая стимуляция роста проростка отмечена при обработке ЭК в концентрации 10^{-7} M, при этом на корень оказывалось отрицательное воздействие данных гормонов, все показатели имели значения ниже контроля.

При исследовании влияния ионов свинца в концентрации 10^{-3} было выявлено, что данные ионы металла угнетали рост растений (как проростка, так и корня), однако обработка гормонами ЭК 10^{-7} , ЭК 10^{-11} ; S31 10^{-7} ; S23 10^{-9} M способствовала повышению роста побега и увеличению индекса толерантности на 8–9 % по сравнению с образцом, где присутствовали только ионы свинца.

Повышения индекса толерантности, а также ростовых параметров корня не наблюдалось даже при наличии обработки гормонами. Все показатели были ниже (или приблизительно такими же), как и при наличии в почве только ионов свинца.

Выводы. В результате проведенных исследований было показано, что наличие в почве ионов свинца в концентрации 10^{-3} М ингибирует рост растений фестулолиума. Обработка гормонами ЭК 10^{-7} , ЭК 10^{-11} ; S31 10^{-7} ; S23 10^{-9} М имеет стимулирующий эффект роста проростка при наличии в почвенном образце ионов свинца.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 239 с.

2. Азматова, Е. С. Исследование фитотоксичности почв, загрязненных амино- и нитроароматическими соединениями в результате аварийного пролива химического сырья / Е. С. Азматова, И. Н. Ташкинова // Вестн. Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Сер.: Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 2 (18). – С. 85–99.

3. Мысльва, Т. Н. Фитотоксичность урбаноземов, загрязненных тяжелыми металлами [Электронный ресурс] / Т. Н. Мысльва, О. Н. Левшук. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitotoksichnost-urbanozemov-zagryaznennyh-tyazhelymi-metallami/viewer>. – Дата доступа: 19.03.2023.

4. Колбас, А. П. Биотестирование влияния конъюгатов brassinостероидов с кислотами на физиолого-биохимические параметры фестулолиума / А. П. Колбас, В. С. Нестерук // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : сб. материалов IV Респ. науч.-практ. экол. конф., Брест, 25 нояб. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. М. Матусевич, Н. В. Шкуратова, М. В. Левковская. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 95–97.

5. Wilkins, D. A. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth / D. A. Wilkins // New Phytologist. – 1978. – № 80. – P. 623–633.

6. Курамшина, З. М. Повышение толерантности культурных растений, инокулированных эндофитными штамми *Bacillus subtilis*, к действию тяжелых металлов [Электронный ресурс] / З. М. Курамшина, Ю. В. Смирнова, Р. М. Хайруллин. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25779&ysclid=led75bs0bj231722847>. – Дата доступа: 19.03.2023.

[К содержанию](#)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 372.854:57

Е. Г. АРТЕМУК

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

РОЛЬ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ФОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ВУЗЕ

Одним из важнейших направлений подготовки студентов в вузе, позволяющих реализовать в полной мере полученные знания, развивать самостоятельность мышления, конкурентоспособных, активных, творческих, коммуникабельных, профессионально подготовленных, способных молниеносно реагировать не только в стандартных, но и незапланированных ситуациях, является научно-исследовательская работа, которая развивается и совершенствуется на всех этапах обучения – от школьного до высшего образования.

Среди задач преподавания дисциплин естественно-научного цикла особое место занимают задачи научного понимания процессов, которые происходят в окружающем мире, и формирования целостного знания о природе и человеке [1]. Экспериментальная исследовательская деятельность именно та организация учебной работы, при которой учащиеся осваивают элементы научных методов, овладевают умением самостоятельно добывать новые знания, планировать поиск, применять знания по биологии и химии в реальной жизни [2; 3]. В процессе такого обучения студенты учатся мыслить логически, научно, творчески, испытывают уверенность в своих возможностях. И задача преподавателя – создание условий для формирования экспериментальных исследовательских умений и навыков обучающихся.

Использование научного эксперимента при изучении дисциплин естественно-научного профиля позволяет сформировать у студентов единую естественно-научную картину мира, усилить интеграцию естественно-научных знаний и разработать единые подходы к формированию основных понятий, изучаемых в различных курсах. Одновременно происходит усиление практической направленности содержания учебных курсов на основе изучения явлений, процессов, объектов, веществ, окружающих обучающихся в повседневной жизни [1].

Научно-исследовательская деятельность предназначена повышать качество образования, формировать у студентов положительную мотива-

цию к осуществлению научных исследований, предоставлять им возможность использовать методы научного познания с целью получения субъективно нового знания, формировать исследовательскую составляющую компетентности будущего специалиста. Таким образом, основным результатом научно-исследовательской деятельности студента является получение субъективно нового знания, повышающего качество подготовки к будущей профессиональной деятельности.

Привлечение студентов с младших курсов естественно-научного профиля к научно-исследовательской работе (НИРС) в научной лаборатории наряду с учебным процессом поможет студентам не только выработать навыки безопасной и эффективной работы в химической лаборатории, но и определиться в выборе направления своей будущей профессиональной работы.

Работа с научно-исследовательскими проектами является движущей силой образовательного процесса, однако реализация такого обучения студентов невозможна без самостоятельной работы, без знания о ее формах, алгоритмах их применения. В результате проведения самостоятельной исследовательской работы у студентов формируются: способность к сравнению, анализу и обобщению информационного материала; собственное отношение к содержанию информации; владение ценностно-оценочным отношением к результату и процессу исследовательской деятельности; развитие проектировочных, конструктивных, организационных, коммуникативных умений; развитие навыков рефлексии и саморегуляции; владение методологией исследования [4].

На кафедре химии учреждения образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» студенты активно вовлекаются в выполнение научных проектов, таких как НИР «Оценка влияния природных брассиностероидов и их конъюгатов с кислотами на морфометрические и физиолого-биохимические параметры сельскохозяйственных и декоративных растений», выполняемой в рамках ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» и НИР «Исследование влияния и разработка на его основе практических рекомендаций по применению методов обработки подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) и винограда (*Vitis* L.) брассиностероидами и их конъюгатами», выполняемой в рамках проекта БРФФИ. Основная цель исследовательских работ – оценить рострегулирующее и протекторное действие природных брассиностероидов и их конъюгатов с кислотами на морфофизиологические и биохимические параметры сельскохозяйственных растений в условиях стресса. В процессе выполнения научно-исследовательских работ студенты учатся закладывать биологические эксперименты, осваивают современные биохимические методы

исследования, анализируют полученные данные и проводят их статистическую обработку.

Результаты работы используются в образовательном процессе УО «БрГУ имени А. С. Пушкина» при проведении лекционных и лабораторных занятий по дисциплинам «Экологическая химия», «Химия биологически активных соединений с основами экологической биохимии», «Органическая химия», что позволяет получить социальную, экологическую эффективность от внедрения (студенты знакомятся с применением стероидных гормонов и их конъюгатов с кислотами, влияющими на структурные и функциональные параметры растений), повысить научно-методический уровень подготовки студентов факультета естествознания по специальности «Биология», «Биоэкология» и «Биология и химия».

Социальный эффект использования результатов исследования в образовательном процессе выражается в развитии навыков аналитического мышления, усилении связи науки и практики при получении высшего образования на I и II ступени согласно современным требованиям.

Выполнение таких научных проектов позволяет студентам активно применять полученные знания и умения, помогает повышать уровень практических знаний, а также дает возможность приобрести опыт конкретного решения проблемных и творческих заданий. Немаловажным является также то, что повышается уровень экспериментальной подготовки учащихся, что отвечает потребности общества в высококвалифицированных специалистах по биологии и химии. У обучающихся формируется интерес к дисциплинам естественно-научной направленности, что влияет на дальнейший выбор их будущей профессии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василевская, Е. И. Роль химического эксперимента в реализации интегративного подхода при изучении дисциплин естественнонаучного цикла / Е. И. Василевская, Т. Л. Шевцова, Г. А. Браницкий // Методика преподавания химических и экологических дисциплин : сб. науч. ст. VIII Междунар. науч.-метод. конф., Брест, 26–27 нояб. 2015 г. / БрГТУ ; БрГУ им. А. С. Пушкина ; редкол.: А. А. Волчек [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2015. – С. 30–32.

2. Братенникова, А. Н. Метод проектов в контексте преемственности формирования ключевых компетенций (на примере обучения химии в средней и высшей школе) / А. Н. Братенникова, Е. И. Василевская // Метод проектов в университетском образовании : сб. науч.-метод. ст. – Минск : БГУ, 2008. – Вып. 6. – С. 130–144.

3. Богомолова, О. В. Об организации проектной деятельности учащихся / О. В. Богомолова // Химия в шк. – 2007. – № 8. – С. 27–28.

4. Савицкая, Т. А. Использование различных форм самостоятельной работы студентов на лабораторном практикуме по коллоидной химии / Т. А. Савицкая, Д. С. Валуев, М. Б. Черепенников // Свиридовские чтения : сб. ст. / БГУ ; редкол.: Т. Н. Воробьева [и др.]. – Минск, 2005. – Вып. 2. – С. 210–214.

К содержанию

УДК 54+37.012

И. В. БЫЧЕК

Беларусь, Минск, БГУИР

К ВОПРОСУ УСИЛЕНИЯ МОТИВАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ НЕПРОФИЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В ВУЗЕ

Изучение естественнонаучных дисциплин является необходимой частью образовательной подготовки практически для всех направлений высшего образования. Роль естественнонаучных знаний состоит не только в формировании естественнонаучной картины мира; не менее важен их гуманитарный аспект, их развивающая функция. Естественно-научные дисциплины обладают широкими возможностями развития мышления, творческих способностей человека. Перед высшей школой стоит задача не только обеспечить будущим специалистам глубокие знания, но и сформировать социально активную, творческую личность, способную самостоятельно принимать решения и отвечать за их реализацию, справляться со сложными социально-экономическими проблемами в условиях острой профессиональной конкуренции. Современному инженеру-конструктору, будет ли он работать в прикладной области или заниматься исследовательской деятельностью, необходим определенный объем химических знаний. Преподавание химии наряду с другими естественными науками создает основу для изучения общетехнических и специальных дисциплин. Изучение химии способствует развитию у студентов логического мышления, формированию общеучебных умений и навыков, позволяющих специалистам любой инженерной специальности самостоятельно и квалифицированно решать как общетехнические, так и специальные задачи в самом широком их спектре.

Повышение качества профессиональной подготовки специалистов тесно связано с мотивацией обучения. Вопрос учебной мотивации – один из самых проблемных в профессиональном образовании. У большинства школьников, выбравших при поступлении в вуз технические

и IT-специальности, очень низка или вообще отсутствует мотивация в отношении изучения дисциплины «Химия», которую преподают в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники на первом курсе в первом семестре студентам 18 специальностей. 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, считая его ненужным для своей будущей профессиональной деятельности. Автор полагает, что мотивацию к изучению непрофильного предмета следует специально формировать, развивать, обязательно положительно подкреплять и в сложившейся ситуации по возможности начинать не с учебной, а с научно-познавательной мотивации, которая, развиваясь и выходя за рамки данной дисциплины, впоследствии естественным образом перетекает в научно-профессиональную сферу. Студента необходимо не только заинтересовать предметом, но и открыть для него возможности использования практических знаний, т. е. стимулировать в первую очередь на результат [1].

В рамках проекта «Мой первый шаг в науку» для усиления мотивации к изучению дисциплины автор проводит отборочный тур среди студентов первого курса для участия в ежегодной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР. Перед студенческой аудиторией первокурсники представляют доклад по одной из тем, предложенной преподавателем (или предлагают свою тему). Тематика докладов охватывает новейшие достижения науки и техники в области химии, так или иначе связанных с их будущей профессией: «Инновационные материалы в конструкции современных аккумуляторов», «Наноматериалы в литий-ионных источниках питания», «Химические способы защиты объектов от электромагнитного излучения», «Современные и перспективные химические источники тока» и т. п. Для проведения отборочного тура автором разработан сценарий, для определения победителей подготовлены опросные анкеты жюри (таблица), отработан режим работы счетной комиссии. Для определения лучших докладов в номинациях зрительских симпатий «За новизну и актуальность информации», «За убедительную авторскую позицию» и «За высокую культуру презентации» разработаны бюллетени для голосования студенческой аудитории.

Участие в работе конференции раскрывает обучающимся мир исследовательской и инновационной деятельности, культуру и задачи химической науки. В ходе научно-исследовательской деятельности у студентов развивается творческое мышление, расширяется кругозор, появляется уверенность в себе, формируется адекватная самооценка, улучшается работоспособность, повышается мотивация, что, в свою очередь, ведет

к достижению успеха в учебе. Эти качества важны для личностной самореализации студента. Одним словом, создаются предпосылки для формирования и развития познавательной активности личности, что впоследствии будет способствовать ее успешной реализации в сфере профессиональной деятельности. При этом достигается одна из важнейших целей образования – научить самостоятельно мыслить, анализировать полученную информацию, ставить задачи и решать их, адаптировать результаты к реальной жизни, используя для этого знания из разных областей. Пример анкеты жюри приведен в таблице.

Таблица – Пример анкеты жюри

Представленный к рассмотрению доклад по теме «Инновационные материалы в конструкции современных аккумуляторов» можно оценить следующим образом	
Вопросы	Варианты ответов
1. Представленное сообщение содержит актуальную информацию	а) да; б) не в полной мере; в) нет
2. Доклад является научным по содержанию и наполнен современными фактами	а) да; б) не в полной мере; в) нет
3. Представленная информация помогает в понимании необходимости изучения химии в ряду естественнонаучных дисциплин	а) да; б) не в полной мере; в) нет
4. Доклад логически четко выстроен, нет путаных пояснений	а) да; б) не в полной мере; в) нет
5. Сообщение содержит доступную по стилю изложения информацию	а) да; б) не в полной мере; в) нет.
6. Презентация содержит информативный и легко доступный к восприятию материал	а) да; б) не в полной мере; в) нет
7. Автор доклада умеет донести представляемую информацию до аудитории	а) да; б) не в полной мере; в) нет
8. Автор доклада свободно владеет информацией по излагаемому вопросу	а) да; б) не в полной мере; в) нет

Участие в подобных проектах, сочетающих две стороны деятельности – индивидуальную и коллективную, помогает первокурсникам быстрее адаптироваться к новой вузовской реальности, повышает мотивацию в изучении дисциплины, положительным образом влияя на рост успевае-

мости по предмету, и позволяет достигнуть главной цели – научить студентов учиться и обеспечить достаточный уровень знаний, гарантирующий дальнейшее обучение другим дисциплинам в техническом вузе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Невпряга, Г. А. Исследовательская работа как фактор развития мотивации студентов к обучению / Г. А. Невпряга // Пед. наука и практика. – 2020. – № 1 (27). – С. 91–93.

[К содержанию](#)

УДК 54:378

Е. И. ВАСИЛЕВСКАЯ, Н. Е. БОБОРИКО

Беларусь, Минск, БГУ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Сложившаяся в 2020–2021 годах ситуация с пандемией коронавируса и массовый переход в связи с этим к проведению занятий в удаленном режиме потребовали существенного расширения использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в преподавании дисциплин химического цикла.

На химическом факультете Белорусского государственного университета (БГУ) осуществляется подготовка студентов по следующим специальностям: 1-31 05 01 «Химия (по направлениям)», 1-31 05 02 «Химия лекарственных соединений», 1-31 05 03 «Химия высоких энергий», 1-31 05 04 «Фундаментальная химия». Учебная дисциплина «Неорганическая химия» изучается на 1-м курсе. В структуре аудиторных занятий по этой дисциплине на практические занятия отводится немногим более 10 % времени – 36 из 326 аудиторных часов. Для студентов, изучающих данную учебную дисциплину, на образовательном портале БГУ (educhem.bsu.by) создан курс «Неорганическая химия: семинарские и практические занятия». Для каждой академической группы на площадке курса создан отдельный раздел, куда по кодовому слову зачисляются только студенты данной группы. Отдельный раздел курса «Неорганическая химия: семинарские и практические занятия», невидимый для студентов, предназначен для преподавателей, которые могут там размещать материалы

как общие для всех студентов, так и в разделе той группы, с которой они непосредственно работают.

Следует отметить, что уровень школьной химической подготовки студентов 1-го курса химического факультета БГУ весьма различается. Среди них есть как победители международных и республиканских олимпиад школьников по химии, выпускники лицея БГУ и других лицеев Республики Беларусь, так и студенты, в том числе зарубежные, изучавшие химию на базовом уровне. Результаты опроса преподавателей и анализ опыта проведения практических занятий по неорганической химии показали, что первокурсники иногда испытывают трудности, связанные с неумением:

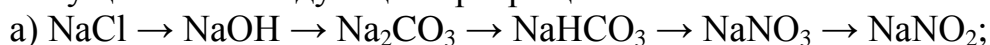
- понимать текст задачи, содержащей научную информацию;
- понимать задания в различных формулировках и контекстах;
- выделять условие и вопрос задачи из основного текста;
- составлять схему решения задачи;
- соотносить теоретические знания с их практическим применением.

Поэтому при организации практических занятий по неорганической химии с использованием интернет-площадки необходимо было пересмотреть не только методики проведения, но и содержание занятий при изучении отдельных тем учебного курса.

Практические занятия на образовательном портале реализуются в виде практикума по решению задач, в котором наряду с расчетными задачами широко используются такие варианты заданий, как упражнения, алгоритмы, тесты. При подготовке заданий учитывается ряд методологических требований, среди которых: соответствие содержания задания учебной программе дисциплины, его межпредметный характер, реализация практической и экологической направленности, демонстрация значимости химических знаний для будущей профессиональной деятельности. Например, при изучении изменения свойств химических элементов в группах периодической системы рассматривается принцип объединения химических элементов в одну группу, а затем обращается внимание на различие в свойствах элементов одной группы и образуемых ими простых веществ (кислород и сера, азот и фосфор), предлагается выдвигать и доказывать гипотезы, делать выводы. Система заданий и вопросов, предлагаемых студентам при изучении данных тем, позволяет также получить дополнительную информацию о связи свойств химических элементов с их положением в периодической системе.

Следует подчеркнуть, что в химии возможна неоднозначность подходов к решению задач. Некоторые данные могут не фигурировать в формулировке задания, и вследствие этого задание может иметь несколько вариантов решения. Например, даже при выполнении относительно

несложного задания: «Записать уравнения реакций, в результате которых можно осуществить следующие превращения:



б) натрий \rightarrow гидроксид натрия \rightarrow дигидрофосфат натрия \rightarrow гидрофосфат натрия \rightarrow ортофосфат натрия \rightarrow ортофосфат бария» –

возможна вариативность ответов, связанная с тем, что не указывается, какие вещества должны реагировать между собой и при каких условиях.

Организация практических занятий по неорганической химии на образовательном портале БГУ позволяет реализовывать разную форму представления заданий с учетом уровня подготовки студентов. Например, для того чтобы ответить на вопросы в задании по теме «Элементы IVB-группы» (рисунок), необходимо провести расчеты с использованием приведенных данных.

Имеются следующие справочные данные:

	Ti(тв.)	TiO ₂ (тв.)	C(графит)	CO(г.)
ΔH_{298}° , кДж/моль	0	-942,59	0	-110,44
ΔS_{298}° , Дж/(моль·К)	30,51	50,16	5,68	197,71

Зависимость $\Delta_r G^\circ$ восстановления оксида титана(IV) графитом до свободного металла представлена на рисунке

Восстановление оксида титана(IV) графитом возможно при температуре К (значение температуры округлите до целых).

ниже
выше

Рисунок – Скриншот задания практической работы по теме «Элементы IVB-группы» на образовательном портале educhem.bsu

Реализуются также задания, содержащие субъективно новый для студентов информационный материал и ориентирующие их на поиск дополнительной информации. При выполнении заданий такого типа особое внимание уделяется логике рассуждений, иллюстрации взаимосвязи различных характеристик химических систем, обучению студентов умению самостоятельно перейти от практики решения задач по образцу,

предложенному преподавателем, к анализу и осмыслению их содержания, использованию общих алгоритмов решения. При этом менее подготовленные студенты имеют возможность обращаться за онлайн-консультациями к преподавателю непосредственно во время занятий. На основе анализа решения задач разъясняются ошибки, предлагаются аналогичные или более сложные задания.

На практических занятиях по отдельным темам курса неорганической химии студенты химического факультета БГУ вместе с задачами для обязательного решения получают индивидуальные задания по составлению уравнений окислительно-восстановительных реакций. Подобранные уравнения используются при проведении самостоятельных работ, в ходе которых студенты обмениваются составленными заданиями, выполняют их и сами проверяют правильность решения заданий друг у друга. Преподаватель контролирует процесс и каждый раз может предложить свой вариант работы, если кто-то из студентов не выполнил индивидуальное задание. Кроме того, студентам предлагаются задания по составлению расчетных задач на основе данных, предоставленных преподавателем либо полученных из справочной и учебной литературы. Эта работа не обязательна для всех, и выполняют ее, как правило, наиболее подготовленные студенты. Составленные задачи студенты анализируют вместе с преподавателем, а затем они предлагаются для решения при проведении управляемой самостоятельной работы (УСР) студентов в режиме самоконтроля или взаимного контроля. Указание авторства задач при использовании их на контрольных и проверочных работах служит дополнительным моральным стимулом для студентов.

Пользуясь предлагаемыми подходами, на практических занятиях по неорганической химии студенты не только осваивают методику решения задач различных типов, но и учатся самостоятельно конструировать задачи разного типа и разного уровня сложности. Таким образом, они приобретают умения:

- извлекать пользу из опыта;
- организовывать взаимосвязь своих знаний и упорядочивать их;
- организовывать свои собственные приемы обучения;
- находить процедуру (знание и действие) для решения конкретной проблемы;
- самостоятельно заниматься своим обучением.

В деятельности студентов при работе над заданием можно выделить следующие компоненты:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- планирование самостоятельной работы, т. е. выбор порядка действий, способов и сроков выполнения учебной деятельности;

- поиск необходимой учебной и справочной информации;
- освоение информации и ее переработка;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- решение поставленной задачи с использованием предоставленного или самостоятельного разработанного алгоритма или программы выполнения работы;
- представление и обоснование полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

Отметим, что освоение каждого указанного компонента требует специального обучения. Так, например, при проведении самоконтроля сначала определяют, что следует проверять, затем выбирают образцы и приемы, с помощью которых будет проводиться проверка, и, наконец, сопоставляют свои действия и полученные результаты с отобранными образцами и вносят, если в этом есть необходимость, коррективы. Таким образом, задачи на практических занятиях по химии выступают одновременно и как инструмент диагностики, и как инструмент формирования нового знания.

Необходимо отметить также положительный опыт использования планшетов и мобильных телефонов на практических занятиях и при проведении контроля знаний по неорганической химии. При этом реализуется популярный тренд *bring your own device* (приносите свое устройство с собой), а студенты в ходе аудиторного занятия заходят на образовательный портал для выполнения индивидуальных заданий. Это позволяет не только индивидуализировать и дифференцировать процесс обучения за счет возможности усвоения материала с разной скоростью, но и осуществлять контроль с обратной связью, с диагностикой ошибок, с оценкой результатов учебной деятельности, а также формировать культуру учебной деятельности как студента, так и преподавателя.

Таким образом, задания, используемые при организации практических занятий по неорганической химии на химическом факультете БГУ независимо от формы их проведения (онлайн или оффлайн), направлены на личностно-развивающее обучение. Они предполагают не только накопление знаний и умений, но и непрерывное формирование опыта самостоятельного поиска, анализа необходимой информации в различных источниках. Обучающая среда при таких технологиях не навязывает студенту нормативное построение его деятельности, а создает более свободные условия, предоставляя ему самому возможность определять траекторию индивидуального развития. Освоение практикума по решению задач, с одной стороны, позволяет применять полученные теоретические знания на практике, а с другой – способствует передаче и усвоению новой информации, развитию логического мышления, формированию профессионально значимых компетенций.

[К содержанию](#)

УДК 378.14+321.01(476)

Г. П. ДУДЧИК, Е. О. БОГДАН

Беларусь, Минск, БГТУ

**ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» ИНОСТРАННЫМИ СТУДЕНТАМИ
НА КАФЕДРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ, КОЛЛОИДНОЙ
И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ БГТУ**

На кафедре физической, коллоидной и аналитической химии (ФКиАХ) УО «Белорусский государственный технологический университет» (БГТУ) на факультетах химико-технологического профиля физическую химию изучают граждане различных зарубежных государств. Обучение иностранных студентов происходит совместно с белорусскими студентами в общих группах, в соответствии с учебными планами дисциплины и специальности обучающихся. Приходящие на кафедру на втором или третьем курсе иностранные студенты знакомы с английским или французским языком, которые далеко не всегда являются их родными языками. Параллельно иностранные студенты занимаются (или занимались ранее на подготовительных курсах) русским языком, степень усвоения которого, естественно, может у них существенно различаться. Таким образом, организация учебно-воспитательного процесса на новом потоке студентов начинается не просто со знакомства преподавателей с обучающимися, но и с осознания тех проблем, которые необходимо выявить и более-менее успешно решить в процессе совместной образовательной деятельности.

Многолетний опыт обучения физической химии иностранных студентов на кафедре ФКиАХ дал нам возможность понять эти непростые проблемы, сформулировать их и найти пути решения. В данном сообщении мы обсудим некоторые результаты нашей работы, которые кажутся нам достаточно полезными, чтобы использовать их и далее.

Рассмотрение данного вопроса было бы поверхностным и, по этой причине, не плодотворным, если бы мы не начали его с воспитательной стороны педагогического процесса. Одна из важнейших задач педагога – наполнить учебно-воспитательный процесс идеологическим содержанием.

Не требуется отдельного доказательства того, что на протяжении всей мировой истории существования общества действенная, жизнеспособная идеология опиралась на основные национальные качества, которые определяют мировосприятие, поведение, быт народа или этноса в целом, присущий ему менталитет, отражающий совокупность умственных, эмоциональных, культурных особенностей, религиозную принадлежность,

ценностные ориентации. В связи с этим напомним замечательную мысль выдающегося французского социолога и историка Токвиля: «Дух и обычаи народа сильнее законов, и, хотя конституция способствует становлению народных нравов, в этих последних заключено нечто более мощное, чем любая конституция» [1]. Как показывает история, сказанное имеет абсолютный характер. На всех этапах существования мирового сообщества образование, являясь важнейшим способом передачи духовных ценностей народа, является и всегда являлось гарантией в противостоянии невежеству, ментальной деградации общества и отдельного человека. Но сегодня сохранение духовно-нравственной составляющей образования и воспитания молодежи приобретает особое значение в связи с наблюдаемым посягательством на сознание человека, его корыстным манипулированием. Это явление, названное ментальным терроризмом, имеет целью разрушение духовно-нравственных устоев общества, которыми определяются политическая, социально-экономическая жизнь и обороноспособность государства. Масштабы ментального терроризма настолько велики, что позволяют считать его одной из глобальных проблем национальной безопасности. Эти деструктивные процессы, посягающие на ментальные качества человека, ведущие к расовой и религиозной дискриминации, еще не до конца осознаны мировым сообществом, в частности сферой образования. Неслучайно об этой проблеме говорилось на заседании республиканского онлайн-семинара «Республика Беларусь: От истоков до современности (Исторический путь государственного строительства)», состоявшегося 25 января 2023 года. Таким образом, в условиях ментального терроризма духовно-нравственная приоритетность образования приобретает особое значение.

Важнейшая задача преподавателя белорусского вуза – наполнить учебно-воспитательный процесс идеологическим содержанием, которое ориентируется на базовые основы духовной культуры белорусского народа и его национального характера: коллективизм, патриотизм, отзывчивость, терпимость, глубокое чувство справедливости. Поэтому работа с иностранными студентами так же, как и с отечественными, должна ориентироваться на наши духовные идеалы, но не на чуждые нам эталоны и ценности западного мира. Безусловно, это весьма непростая задача. Только постоянная помощь педагога позволит справиться с адаптацией к новым реалиям коллективу, который является совокупностью молодых людей с различным менталитетом, различной культурой, языком, различным вероисповеданием, различными мотивациями и жизненными ценностями и идеалами.

На кафедре ФКиАХ в основу обучения положен принцип индивидуального подхода к обучаемому, что особенно актуально по отношению

к иностранным студентам. Организация образовательного процесса с учетом особенностей педагогических систем соответствующих зарубежных средних учебных заведений и разного уровня подготовки студентов, безусловно, будет способствовать более эффективной работе с ними. Но при этом существенным дополняющим фактором адаптации студентов к новым условиям должен быть учет особенностей их психофизиологии. Чем полнее будет учитываться не только образовательный потенциал студента, но и его психофизиология, тем успешнее будут формироваться коммуникативно-образовательные связи между преподавателем и студентом. Как правило, например, англоговорящие студенты из стран Африки склонны к более медленному обучению и усвоению новой информации, и в этом случае не следует пренебрегать временным фактором. Мы отметили также, что зарубежные студенты практически не воспринимают и не могут законспектировать и усвоить ту информацию, которая преподносится им на лекциях в устной форме. Описание лабораторных работ в общепринятой текстовой форме ими также намного легче воспринимается, если оно дается способом инфографики – визуализацией данных путем изображений, диаграмм, схем, таблиц и т. д., передающих логическую последовательность изложения материала. С другой стороны, многие из них достаточно хорошо владеют навыками физико-химических вычислений (студенты из Республики Конго, Камеруна и Кот-д'Ивуара). С такими студентами рекомендуется активнее работать с практическими приложениями теории, а только затем продвигаться к теоретическим основам курса. Сохраняя принцип индивидуального обучения, для выполнения лабораторных занятий мы объединяем двух-трех студентов, из которых один иностранный, но каждому из них выдаем различные варианты заданий. Наш опыт показал, что такой подход весьма плодотворен для усвоения учебной программы и к тому же содействует формированию и укреплению коллективизма, одну из тех духовных ценностей, которые образуют структуру идеологии образования и играют особую роль в воспитательном воздействии на личность студента. Коллективизм является важнейшей особенностью национального характера и менталитета белорусского народа. Он сформировался в патриархальных сообществах наших предков, где господствовали прочные уравнилельные и коллективистские идеалы, где особенностью нравственных отношений всегда были человечность и справедливость. Зарубежные студенты достаточно легко принимают эти идеи, поскольку большинство из них ориентированы на совместную учебную деятельность, взаимопомощь и взаимопонимание. Предлагая зарубежным обучающимся учебные задания разного уровня сложности и учитывая их психофизиологические особенности, мы полагаем, что они смогут осилить тот посильный для них объем знаний, который затем можно обсуждать с препода-

вателем. Неформальная связь отечественных и зарубежных студентов помогает направлять учебную деятельность в нужном направлении и, что немаловажно, формировать как у тех, так и у других стремление к самообразованию, создает заинтересованность в обучении, а не ощущение безразличия или, что еще хуже, безнадежности. Таким образом, ориентация на коллективные формы взаимной деятельности студентов в процессе их обучения решает две задачи. Формируется важный компонент социальной жизни – коллективизм и создаются более плодотворные способы учебной работы. Другой немаловажный позитивный фактор – соревновательность зарубежных студентов при оценке их учебных достижений преподавателем и учебной группой. Она проявляется достаточно ярко и тесно связана с их мотивацией к учебе. Большинство зарубежных студентов имеют четкое представление о том, почему они поступили учиться в БГТУ и какая работа ожидает их в будущем. Привлекательными для них факторами является высокое качество гарантируемых университетом образовательных услуг, которое базируется на традиционных (классических) методах, сохранившихся с советского времени, и более низкая плата за обучение по сравнению с европейскими вузами. Мы убеждены, что при работе с иностранными (так же, как и с белорусскими) студентами нужно всегда поддерживать атмосферу успеха. Ориентация на студенческий коллектив, его понимание и поддержку, заинтересованное обсуждение в учебной группе личных успехов, с одной стороны, и соревновательность, закрепление мотивации, с другой стороны, поможет им поверить в себя и способствовать их личностному росту. Последнее особенно важно для тех зарубежных студентов, которые имеют не самый высокий уровень знаний по предмету и при этом заниженную самооценку, связанную с особенностями их психики, социальной среды обитания и т. д. В этом случае преподаватель с помощью коллектива может помочь студенту поверить в себя и повысить его самооценку, тем самым дав толчок развитию его личности. Обратим также внимание на то, что в традициях нашего народа – обсуждать в коллективе успехи каждого, и этим следует воспользоваться, но обсуждать полезно именно успехи, а не неудачи.

Формирование научного мировоззрения, безусловно, еще одна из важнейших задач преподавателя химии, работающего с зарубежными студентами. Химия наравне с физикой и биологией как нельзя более убедительно раскрывает многообразие, единство и взаимосвязь всего происходящего на Земле и во Вселенной. Учет этих взаимосвязей и использование их для практических нужд человека без вреда окружающей среде и есть суть обозначенной проблемы – понять и описать с помощью научно установленных закономерностей происходящее вокруг нас. Изучение химии показывает студентам, что все наблюдаемые процессы

взаимодействия веществ отражают всеобщие принципы развития, что мир познаваем. Формирование у учащихся научной картины мира очень сложный образовательный процесс. На фундаментальные дисциплины естественно-научного профиля здесь ложится особая роль, так как неискаженный, свободный от предрассудков взгляд на окружающий мир может быть сформирован только на основе естественно-научных данных. Современный специалист обязан иметь широкий кругозор и неискаженный, научный образ реального мира, предвидеть возможные последствия своих профессиональных действий. Сказанное в равной мере относится к обучению отечественных и зарубежных студентов. Продолжая обсуждение этого вопроса, приведем некоторую количественную информацию о культурно-духовных представлениях многих зарубежных студентов о мире, в котором родились их предки и которые передали им эти духовные ценности по наследству. 60 % жителей Кот-д'Ивуара следуют архаичным ритуалам, поклоняются духам предков; коллективные обряды и ритуалы – важная часть жизни их коренных народов; в Демократической Республике Конго (бывший Заир) 40 % коренного населения являются приверженцами различных древних религиозных представлений; 2 % населения Камеруна придерживаются традиционных местных верований. Приверженность архаичным верованиям зарубежной студенческой молодежи из стран Африканского континента или Ближнего Востока, безусловно, достаточно прочна и естественна, она формировалась и бережно передавалась из поколения в поколение. Наше отношение к этой стороне национальных культур зарубежных студентов должно быть исключительно уважительным, что совершенно не затрагивает ту образовательную задачу, в процессе решения которой у студентов должны сложиться ясные представления о научной картине мира и о возможности использовать свои новые знания на благо своего народа.

В заключение отметим, что в 2014 году нами было подготовлено и опубликовано учебное издание (тексты лекций) по дисциплине «Физическая химия» для англоязычных зарубежных студентов БГТУ [2]. Тексты лекций находятся в свободном доступе в электронной библиотеке БГТУ и могут быть использованы также и отечественными студентами, желающими повысить свой уровень владения английским языком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токвиль, А. Демократия в Америке / А. Токвиль. – М. : Прогресс, 1992. – 559 с.
2. Dudchik, G. P. Physical Chemistry. The Fundamentals of Chemical Thermodynamics and Chemical Equilibrium / G. P. Dudchik // Texts of Lectures. – Минск : БГТУ, 2014. – 90 с.

[К содержанию](#)

УДК 372

А. М. КАВАЛЕНКА

Беларусь, Брэст, БрДУ імя А. С. Пушкіна

**ПІСЬМО НА ЗАНЯТКАХ ПА ПРАФЕСІЙНА
АРЫЕНТАВАНАЙ АНГЛІЙСКАЙ МОВЕ
СА СТУДЭНТАМІ ХІМІКА-БІЯЛАГІЧНАГА ПРОФІЛЮ**

У апошнія гады роля пісьма ў навучанні замежнай мове паступова павышаецца, і пісьмо ў пэўным сэнсе пачынаюць разглядаць як рэзерв для павышэння эфектыўнасці навучання замежнай мове. Нельга не ўлічваць і практычную значнасць пісьмовых маўленчых зносін у святле сучасных сродкаў камунікацыі, такіх як электронная пошта, Інтэрнэт і г. д.

Студэнты павінны набыць агульныя навыкі вуснай і пісьмовай камунікацыі ў сваёй прафесійнай дзейнасці. Гэта дазволіць ім атрымаць больш высокую кваліфікацыю для выхаду на рынак працы. Гэтыя навыкі вуснай і пісьмовай камунікацыі можна развіць пры выкладанні як роднай, так і замежнай мовы. Удвая карысна гэта рабіць у адукацыі будучых хімікаў, паколькі заўважана, што большасць студэнтаў, якія выбіраюць гэтую спецыяльнасць, часта не валодаюць высокаразвітымі навыкамі зносін ні ў вуснай, ні ў пісьмовай формах [1].

У адпаведнасці з праграмай па замежнай мове для хіміка-біялагічных спецыяльнасцей БрДУ імя А. С. Пушкіна студэнты павінны валодаць навыкамі вуснай і пісьмовай камунікацыі ў сферы сваёй прафесійнай дзейнасці [2]. Згодна з патрабаваннямі да практычнага валодання відамі пісьмовай дзейнасці студэнт павінен умець:

– выконваць пісьмовае заданне да праслуханага, убачанага, прачытанага, лагічна і аргументавана выкладаць свае думкі з улікам стылістычных і жанравых асаблівасцей;

– рэферыраваць і анатаваць прафесійна арыентаваныя і агульна-навуковыя тэксты з улікам рознай ступені сэнсавай кампрэсіі;

– запўняць дакументы (анкеты, бланкі, фармуляры); складаць дзелавую карэспандэнцыю (суправаджальны ліст, запрашэнне, пацверджанне, запыт і г. д.); напісаць сваю прафесійную біяграфію (CV);

– пісьмова аформіць вынікі даследавання; напісаць артыкул у перыядычнае, навукова-папулярнае, спецыялізаванае выданне.

Канчатковыя патрабаванні да навучання пісьмовай мовы ўключаюць фарміраванне ў студэнтаў уменняў практычна карыстацца іншамоўным пісьмом як спосабам зносін, пазнання і творчасці ў адпаведнасці з дасягнутым праграмным узроўнем авалодання замежнай мовай.

Прыкладмі тыпаў тэкстаў для напісання студэнтамі-хімікамі з'яўляюцца лабараторныя справаздачы, рэфераты, анатаваная бібліяграфія, кароткі выклад і літаратурны агляд па тэме, рэзюмэ / CV / суправаджальны ліст, навукова-папулярны артыкул, пісьмовыя апоры / план для вусных выказванняў (дакладаў, прэзентацый).

Навучанне пісьмовай мове спалучаецца з іншымі відамі маўленчай дзейнасці: аўдзіраваннем (дыктоўкі, запаўненне пропускаў і табліц, канспектаванне), чытаннем (паслятэкставыя практыкаванні, адказы на пытанні, даданне дэталей), гаварэннем (інтэрв'ю з наступным пісьмовым занатаваннем інфармацыі, парнае або групавое абмеркаванне з запісам аргументаў абодвух бакоў).

На занятках па прафесійна арыентаванай англійскай мове студэнты пішуць лабараторныя справаздачы, якія імітуюць даследчую работу і складаюцца з уводзін, ходу працы, атрыманых дадзеных, аналізу і тлумачэння таго, што гэтыя дадзеныя азначаюць. Вучацца пісаць формулы, назвы хімічных злучэнняў, ураўненні хімічных рэакцый, канспектаваць лекцыі.

Пад кіраўніцтвам выкладчыкаў замежнай мовы студэнты хіміка-біялагічнага профілю БрДУ імя А. С. Пушкіна традыцыйна рыхтуюць паведамленні і прэзентацыі па разнастайнай прафесійнай тэматыцы для прадстаўлення на навуковых канферэнцыях рознага рангу, публікуюць артыкулы на замежнай мове ў часопісах і зборніках навуковых прац.

На пачатковых курсах навучання студэнты задзейнічаны ў напісанні рэфератаў, у складанні паведамленняў і дакладаў, у аналізе літаратуры па даследуемай праблеме і г. д. Канечне, працы студэнтаў пачатковых курсаў маюць хутчэй рэфератыўны характар, яны з'яўляюцца для іх пачаткам будучай навуковай дзейнасці.

Падрыхтоўка даклада, напісанне анатацыі, рэферата або артыкула выклікае цяжкасці, і гэтыя цяжкасці звязаны часцей з няўменнем выражаць думкі пісьмова. Перад выкладчыкам стаіць задача навучыць студэнта ўпарадкоўваць інфармацыю, выдзяляць галоўнае і другаснае, адрозніваць агульнае і спецыфічнае, прычыну ад наступстваў, лагічна, проста і дакладна будаваць выказванні. Менавіта гэтыя навыкі патрэбны для напісання і лагічнай арганізацыі тэкста.

Асноўная задача напісання такіх рэфератаў і падрыхтоўкі паведамленняў – гэта паглыбленае вывучэнне пэўнай праблемы, атрыманне больш поўнай інфармацыі па якім-небудзь раздзеле. Пры напісанні рэферата неабходна выкарыстанне дастатковай для раскрыцця тэмы колькасці крыніц (манаграфій і артыкулаў), якія непасрэдна адносяцца да вывучаемай тэмы. Можна выкарыстоўваць літаратуру, якую парэкамендаваў выкладчык, або самастойна падабраныя крыніцы, пажадана выкарыстоўваць не менш за тры-чатыры крыніцы. Такого роду дзейнасць не толькі

паляпшае базавыя навыкі пісьма, такія як выкарыстанне спасылак, афармленне бібліяграфіі, але і дапамагае студэнту навучыцца аналізаваць, сінтэзаваць і трансфармаваць інфармацыю, паляпшае здольнасць тлумачыць і аргументаваць.

Такім чынам, важным складнікам навучання замежнай мове ў ВНУ, акрамя чытання літаратуры па спецыяльнасці, з'яўляецца таксама і прафесійна арыентаванае пісьмо. Пры гэтым дэфіцыт часу, які адводзіцца на вывучэнне замежнай мовы, з'яўляецца асноўным недахопам арганізацыі моўнай падрыхтоўкі студэнтаў.

Рашэннем праблемы магло б стаць выкарыстанне на старшых курсах ВНУ CLIL-падыходу (Content and Language Integrated Learning) да навучання замежнай мове, напрацоўкамі па рэалізацыі якога валодаюць выкладчыкі многіх краін свету. Нягледзячы на пэўныя складанасці (адсутнасць у настаўнікаў замежнай мовы дастатковых ведаў па іншых прадметах) па ўкараненні тэхналогіі CLIL, яна дазваляе вырашаць даволі шырокае кола адукацыйных задач. Адначасовае вывучэнне замежнай мовы і нямоўнага прадмета можа быць узаемадапаўняльным і вельмі карысным для студэнтаў хімічных спецыяльнасцей ва ўмовах супрацоўніцтва паміж выкладчыкамі мовы і выкладчыкамі кантэнту.

СПІС ВЫКАРЫСТАНАЙ ЛІТАРАТУРЫ

1. Writing as a teaching learning technique: an example in chemistry (molar solution) [Electronic resource] / A. E. Obaya [et. al.] // Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education. – Mode of access: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED609189.pdf>. – Date of access: 10.02.2023.

2. Иностранный язык. Учебная программа учреждения высшего образования по учебной 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.

[К содержанию](#)

УДК 54-188:544-3

В. В. КЛЮЧАРЕВ, С. В. КЛЮЧАРЕВА

Российская Федерация, Черноголовка, ФИЦ ПХФ и МХ РАН

ХИМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В НАУКЕ О ГОРЕНИИ XXI ВЕКА

Китайские коллеги поставили следующую задачу – провести четкие границы между наукой материалов и всеми прочими дисциплинами [1], что вполне согласуется с нынешним курсом Президента Си Цзиньпина [2]. Для химиков это означает переход от химических субстанций и их реакций к химическим доменам и их реакциям, который обозначил себя еще в гипотезе Авогадро [3; 4]. Во многих эпизодах он остается трудным для понимания, поскольку означает смену стереотипов в осмыслении архитектуры как функционально организованного пространства [5], существующего не только вокруг человека [6–11]. Химическая наука о горении не стала исключением на этом пути [12]. Уже более чем столетие она находится под обнулением после метрологической ошибки Мэзона и Уиллера [13], которая свела на нет предположение о существовании доменной реакции «мать – дочка» как принципа химического действия в организации горения. Цель настоящей публикации заключается в том, чтобы на этом примере показать не только одну из границ между химией и наукой материалов, но и подчеркнуть еще раз потребность в разработке специальных инструментов для ее преодоления. Некоторые из них надо внедрять уже в средней школе, как основу современного пространственного мышления, способного противостоять, и обобщенному редукционизму, и обобщенному Дарвинизму [14; 15].

Причина метрологической ошибки Мэзона и Уиллера по отношению к термохимической реакции «мать – дочка» таилась в том, что ее существование рассматривалось только в приближении сплошной среды. При таком подходе мы получаем три условия для границы погасания, соответственно в случае одномерном (1), двумерном (2) и трехмерном (3).

$$Q_{1d} = \int_{T_0}^{T_C} (C_K + C_I) dT, \quad (1)$$

$$Q_{2d} = \int_{T_0}^{T_C} (C_K + 3C_I) dT, \quad (2)$$

$$Q_{3d} = \int_{T_0}^{T_C} (C_K + 7C_I) dT, \quad (3)$$

где T_0 – температура окружающей среды, T_C – пороговая температура самовоспламенения, при которой возникают эти домены с удвоением масштаба [16], C_K – теплоемкость сгоревшего слоя, C_I – теплоемкость прогреваемого слоя. При том учитывается зависимость теплоемкости от температуры. Разница между условиями (1)–(3) связана с топологией рассматриваемых доменов, вследствие чего их объем при удвоении масштаба d соответственно возрастает пропорционально $2d$, $(2d)^2 = 4d$ или $(2d)^3 = 8d$.

Как нетрудно заметить, $Q_{1D} < Q_{2D} < Q_{3D}$. Однако практика показала, что во многих эпизодах теплотворная способность горючей смеси Q на пределе погасания может быть меньше, чем по условию (1). На этом основании был сделан вывод о том, что горение как некий аналог жизни, сущность которой заключается в воспроизводстве себе подобных тел, существовать в косной природе не может [13]. Увы, мысль о том, что роевые эффекты двумерного и трехмерного детородного процесса, обусловленные его случайной диффузией, позволяют прийти к условию $Q < Q_{1D}$, вопреки кажущемуся очевидным структурному минимуму по условию (1), не соответствовала уровню науки материалов и химической физики того времени: изучение перколяции как случайной диффузии находилось тогда на стадии становления. Понадобилась революция в материализме, связанная с переходом к парадигме «состав – структура – архитектура – свойство» [17], чтобы понять, как роевые эффекты двумерного и трехмерного детородного процесса позволяют прийти к условию $Q < Q_{1D}$, вопреки кажущемуся очевидным структурному минимуму по условию (1) [14]. Впервые это было показано в 1995 году [18], но и сегодня остается в тени метрологической ошибки Мэсона – Уиллера.

Оказалось, что двумерные и трехмерные реакции «мать – дочка» могут быть выгоднее в термодинамическом смысле, чем одномерная реакция «мать – дочка». В частности, это становится возможным за счет случайного плотного пакетирования самостоятельно уединяющихся химических реакций и формирования, как следствие, их перколяционного кластера при доле активных центров около 0.41 на поверхности или объемной доле активных центров около 0.16 [19]. В одномерном случае этот архитектурный фактор не работает, поскольку там среда может быть только сплошной. В результате условия (1)–(3) при упрощении $C_K = C_I = C$ сводятся к уравнениям

$$Q_{1d} = \int_{T_0}^{T_C} (C_K + C_I) dT = 2 \int_{T_0}^{T_C} C dT, \quad (4)$$

$$Q_{2d} = \int_{T_0}^{T_C} (C_K + 3C_I) dT \approx 0.41 \times 4 \int_{T_0}^{T_C} C dT = 1.64 \int_{T_0}^{T_C} C dT, \quad (5)$$

$$Q_{3d} = \int_{T_0}^{T_C} (C_K + 7C_I) dT \approx 0.16 \times 8 \int_{T_0}^{T_C} C dT = 1.28 \int_{T_0}^{T_C} C dT . \quad (6)$$

В более общем случае формулы (1)–(3), соответственно, имеют вид

$$Q_{2d} = Q_I + \int_{T_0}^{T_C} (C_K + C_I) dT , \quad (7)$$

$$Q_{2d} = (1 - 0.41) \cdot Q_R + 0.41 \cdot [Q_{ex} + 4Q_I + \int_{T_0}^{T_C} (C_K + 4C_I) dT] , \quad (8)$$

$$Q_{3d} = (1 - 0.16) \cdot Q_R + 0.16 \cdot [Q_{ex} + 7Q_I + \int_{T_0}^{T_C} (C_K + 7C_I) dT] . \quad (9)$$

Здесь добавляется: Q_I – теплотворная способность тех процессов, которые могут протекать в зоне прогрева между температурой окружающей среды T_0 и пороговой температурой самовоспламенения T_C ; Q_{ex} – количество тепла, которое может понадобиться для того, чтобы устранить локальный дефицит одного из компонентов при его макроскопическом избытке, расширяя зону прогрева; Q_R – теплотворная способность смеси, окружающей локальные центры с двумерной или трехмерной реакцией «мать – дочка» на пределе ее термохимической смерти.

Существование границ между химией и химической наукой материалов по условиям (7) и (9) было доказано экспериментально, в том числе и на примере задач, поставленных специально для того, чтобы познакомить школьников с сущностью жизни и ее самоорганизацией не под убийство себе подобных, а под перераспределение ресурсов между себе подобными [14]. В условиях нынешнего европейского кризиса, а в перспективе и общемирового кризиса, это как никогда актуально. Кроме того, проведение четких границ между химией и наукой материалов позволяет избавить химию от растворения в науке систем, вплоть до полного обнуления ее законов, а заодно и законов химической науки материалов, которая получила свой первый паспорт лишь в 2015 году [14], через 204 года после гипотезы Авогадро [3]. Решение этой задачи требует, однако, создания принципиально новых архитектурных школ с внедрением в них архиметрики сложных систем как части инженерного и естественно-научного образования [15]. В 2024 году исполнится 20 лет со дня ее рождения в Индии как автономной системы твердых знаний о пространственных отношениях между телом для дела и местом для дела [20].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang, Q. J. Interdisciplinary materials: interdisciplinary and frontier researches between materials science and other disciplines / Q. J. Zhang, Z. G. Fu // *Interdisciplinary Materials*. – 2022. – Vol. 1, No. 1. – P. 4–5.
2. Gao, R. P. Interdisciplinary research: thoughts and strategic layouts / R. P. Gao // *Interdisciplinary Materials* – 2022. – Vol. 1, No. 1. – P. 6–10.
3. Avogadro, A. Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons / A. Avogadro // *Journal de Physique et de Chimie et d'Histoire Naturelle et des Arts*. – 1811. – Vol. 73. – S. 58–76.
4. Rocke, A. J. Gay-Lussac and Dumas: Adherents of the Avogadro-Ampère hypothesis? / A. J. Rocke // *Isis*. – 1978. – Vol. 69, No. 4. – P. 595–600.
5. Иодо, И. А. Теоретические основы архитектуры : учеб. пособие для вузов / И. А. Иодо, Ю. А. Протасова, В. А. Сысоева. – Минск : Выш. шк., 2015. – 111 с.
6. Pauling, L. The architecture of molecules. : monograph / L. Pauling, R. Hayward. – San Francisco & London : W. H. Freeman and Company, 1964. – 117 p.
7. Бокий, Г. Б. Специфика применения моля к кристаллическому состоянию вещества / Г. Б. Бокий, В. И. Лаптев // *Журн. структур. химии*. – 1991. – Т. 32, № 3. – С. 8–12.
8. Integrative chemistry: Positioning chemical reactors within the geometric space as a tool for the design of advanced functional materials / M. Depardieu [et al.] // *Comptes Rendus. Chimie*. – 2016. – Т. 19, No. 1–2. – S. 216–230.
9. Ashby, M. Designing architected materials / M. Ashby // *Scripta Materialia*. – 2013. – Vol. 68, No. 1. – P. 4–7.
10. Architecturing materials at mesoscale: some current trends / Y. Estrin [et al.] // *Materials Research Letters*. – 2021. – Vol. 9, No. 10. – P. 399–421.
11. Estrin, Y. Design of architected materials based on topological and geometrical interlocking / Y. Estrin, V. R. Krishnamurthy, E. Akleman // *Journal of Materials Research and Technology*. – 2021. – Vol. 15. – P. 1165–1178.
12. Ключарев, В. В. Архитектурованная химия пероксида кальция / В. В. Ключарев, С. В. Ключарева // *Современная химическая физика на стыке физики, химии, и биологии : сб. тез. Междунар. науч. конф. / отв. ред. М. П. Березин*. – Черноголовка : ИПХФ РАН, 2021. – С. 174–175.
13. Mason, W. The «uniform movement» during the propagation of flame / W. Mason, R. V. Wheeler // *J. of Chemical Society*. – 1917. – Vol. 111–112, No. 661. – P. 1044–1057.
14. Klyucharev, V. V. The geometry of closed sets in the state of chemical transformation. A pedagogic review from first principles to first

applications in an undergraduate thermal analysis laboratory for secondary schools / V. V. Klyucharev, S. V. Klyuchareva // *J. of Thermal Analysis and Calorimetry*. – 2015. – Vol. 119, No. 3. – P. 1633–1651.

15. Ключарев, В. В. Место для дела как категория в экологии / В. В. Ключарев, С. В. Ключарева // *Природопользование: от истории к современности. Куражковские чтения : сб. науч. тр. I Междунар. науч.-практ. конф.* / Астрах. гос. ун-т ; сост. А. Н. Бармин. – Астрахань, 2022. – С. 211–216.

16. Mallard, E. Recherches expérimentales et théorétiques sur la combustion des mélanges gazeux explosifs. / E. Mallard, H. L. Le Châtelier // *Annales des Mines*. – 1883. – Т. 4. – S. 274–295.

17. Эфрос, А. Л. Физика и геометрия беспорядка : учеб. пособие / А. Л. Эфрос. – М. : Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1982. – С. 175.

18. Klyucharev, V. V. Thermodynamical limits of quasiadiabatic self-propagating processes / V. V. Klyucharev // *Proceedings of the International Pyrotechnics Seminar*. – 1995. – Vol. 21. – P. 414–416.

19. Ключарев, В. В. Становление случайной плотной упаковки / В. В. Ключарев // *Физика и химия стекла*. – 2010. – Vol. 36, № 4. – P. 576–584.

20. Chakraborty, S. Archimetrics: A necessary discipline for obtaining objective values from architectural subjective values / S. Chakraborty // *CAADRIA 2004. Proceedings of the 9th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia : сб. докл.* / H. S. Lee, J. W. Choi (eds.). – Seoul : Yonsei University Press, 2004. – P. 443–452.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

V. V. KOVALENKO, N. S. STUPEN

Belarus, Brest State A. S. Pushkin University

INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN TEACHING OF CHEMICAL DISCIPLINES

Modernization of higher education in the Republic of Belarus significantly affects the system of teacher training, including chemistry teachers.

The competence approach requires that the disciplines of subject/profile training in chemistry in pedagogical universities correspond to the goals of the formation of the student's professional competence.

Professional competence of a teacher is primarily related to the ability to solve professional tasks and problems arising during the educational process,

which meets general requirements. The formation of a future teacher's professional competence is a systemic, integral, holistic, continuous and difficult process. The competence approach is implemented by means of interactive technology of teaching disciplines.

The purpose of research is to analyze the methodological system of interactive teaching of chemical disciplines on the profile specialties of the university, aimed at the formation of professional competence of students.

In our opinion interactive teaching is a process of cognition, carried out in the form of joint activity of students: all participants in the educational process interact with each other, exchange information and solve problems together.

Interactive teaching is seen as a priority strategy and tactic of university education, based on the interaction of subjects of learning with the coordinating influence of pedagogical support. Interactive teaching is based on the psychology of human relationships and interactions.

Interactive technologies are introduced into the educational process through the principles, methods and forms of interactive learning, the range of which is quite wide.

Principles of interactive teaching of chemical disciplines, determine the requirements to the content, methods, means, conditions and organization of interactive training of chemistry of students of specialized disciplines.

In the teaching of chemical disciplines at universities in the system of interactive technologies it is necessary to implement the following principles:

- the principles defining the content of education (scientific, access-ability, compliance with learning conditions, professional orientation);
- the principle of individual competence;
- the principle of interaction with the educational environment [1].

These principles form the theoretical and methodological basis interactive training of chemical disciplines of students of pedagogical specialties.

The analysis of literary sources has shown that a theoretical model of interactive teaching of chemical disciplines has been developed.

It is a system of interrelated structural and functional components:

- targeted;
- meaningful;
- process-based;
- performance-based;
- activities of subjects of interactive learning in the educational environment of teaching chemical disciplines [2].

The principle of scientific teaching is extremely important both for determining the content of interactive education in chemistry disciplines and for the organization of the educational process. The content of education should correspond to the level of modern science and reflect the most important laws of the process of learning chemistry.

The principle of accessibility reflects the need to take into account the prior preparation of the student when selecting the content and determining the depth of the study of individual sections of the discipline.

The principle of conformity with the conditions of training corresponds to the correspondence and depth of study of individual sections of the time allocated to the curriculum for the study of the discipline; the material and technical base of educational and scientific chemical laboratories. In selecting the content of the training, it is often necessary to overcome the contradictions between the requirements of science, accessibility and relevance to the learning environment.

The principle of professional orientation in the interactive management of chemical disciplines in pedagogical specialties reflects the need to take into account the peculiarities of the future professional and pedagogical activity of students with regard to the content of the discipline.

The principle of the competent development of the personality provides a re-flow of theoretical knowledge in persuasion and action, i.e., the appearance of mini-experience of activity in a given sphere.

The principle of interaction with the educational environment reflects the active bi-directional nature of the learning process and the mutual influence of each other on the other student and the educational environment [1].

The principle of developing student subjectivity is realised through the active participation of the student in the learning process, adapting the overall learning objectives to his or her personal goals and educational needs. Interacting with the teaching environment of chemical disciplines and the educational environment of chemical and pedagogical education, the student not only acquires knowledge and develops his competence, but also affects various parts of this environment, produces educational information and educational products.

It should be noted that interactive training in chemical disciplines does not require new forms, but significantly modernizes internal organizational of teaching.

Classroom forms of interactive teaching of chemical disciplines include lectures, seminars, colloquiums, practical and laboratory classes. To the group of extracurricular – homework on studied knowledge fixation, preparation for colloquiums, processing of results of experimental laboratory works and preparation for their defense, student's independent work on informational reports, reports, consultations, term papers and graduate qualification works.

Interactive lecture is the main form of teaching the theory of any chemistry discipline. The purpose of the interactive lecture is to provide information and active learning of this information by students. During the interactive lecture, the lecturer, presenting the content of the educational material to a large group of students (course), organizes their productive

interaction with all components of the educational environment of the discipline: value-oriented, informational-oriented knowledge, technology and results.

The student's intensive interaction with the educational environment during the interactive lecture is ensured by the introduction of elements and techniques stimulating cognitive activity and feedback function of the lecturer – student [1]. The interactive lecture can use such ways of presenting educational material as creating a problem situation requiring the detection and resolution of arising pro-veterinary, «double lecture» in the form of a dialogue of two teachers, various types of visualizations, including multimedia and demonstration experiment, lectures with pre-planned errors, lectures – press conferences, etc.

In the system of interactive training of chemical disciplines practical and laboratory classes are considered as a form of organization of training a relatively small group of students under the guidance of a teacher. Normative (in terms of organization of teacher's work) difference is in the number of student group, formally, practical training is a lesson with a group of 25–30 students, and laboratory – with a subgroup of 12–15 students.

Practical classes have long been used primarily to teach students to solve chemistry calculation problems, to write chemical reaction equations, and to practice similar skills. The successful result is considered to be the emergence of skill in solving a certain type of chemical problems. Undoubtedly, chemical tasks as a specific means of teaching chemistry, allow checking the students' knowledge at all levels of assimilation of theoretical material. For this purpose it is practiced to increase the complexity of tasks, introduction of inconsistencies, contradictions in the condition. In the methodological system of interactive teaching of chemical disciplines at interactive practical classes the leading method is the method of solving educational tasks based on the analysis of specific situations.

In the study of chemical disciplines, students face the need to possess clear definitions of chemical concepts, formulations of laws, rules, etc. So in practical classes should develop scientific speech of the student, which is very important for future teachers. The absence of externally speech stage significantly complicates the formation of mental actions, slows the translation of the action into a conceptual form, and also prevents the development of competences. At the initial stages of the study, the subject of discussion is the material provided by the teacher, in the further stages – prepared by students in the course of independent work.

Formation and development of practical special competences takes place mainly at laboratory classes designed to organize and conduct experimental laboratory works on the discipline. Specificity of chemistry as an experimental science stipulates the requirement for laboratory classes in specially equipped

educational laboratories. Laboratory works have demonstration, training, partially exploratory or exploratory character depending on the teaching stage.

The organization of laboratory work in chemistry involves the work of students in small groups (pairs, triples), often variable composition. It is in group interaction that it is possible to develop personal and interpersonal skills, the ability to substantiate decisions, distribute and perform certain roles.

Group work contributes to the formation and development of such communicative skills and skills like: listen and trust each other, ask the participants of the same team questions, take different opinions, lead the group, carry out «feedback». Thus, the basic skills of the chemical experiment are practiced: weighing, dissolving, filtering, decantation, deposition, evaporation, re-crystallization, etc. All this forms the ability to work in a team. The principle of positive interdependence is that the success of the group as a whole depends on the results of the work of each of the participants in the group [3].

Principles, forms and methods of interactive learning allow forming special professional competencies. The table shows special professional competencies in the teaching of disciplines «General chemistry» and «Chemistry of elements».

Table – Special professional competencies formed in the teaching of disciplines «General chemistry» and «Chemistry of elements»

Special cognitive competencies related to solving intellectual tasks in the field of discipline	Specific chemistry practical competencies related to working in a chemistry laboratory	Special competencies directly related to future professional activities
1. Knowledge and understanding of the most important facts, concepts, principles and theories of laws in general chemistry and chemistry of elements	1. Mastering the basics of laboratory chemical experiment technique and the use of equipment in obtaining substances and studying their properties	1. The ability to connect the content of «General Chemistry» and «Chemistry of Elements» to students' educational and life experiences
2. Interpretation of the basic regularities of the periodicity of the properties of elements and their compounds, the structure, properties and methods of obtaining chemicals, the flow of chemical processes involving them	2. Knowledge of safety techniques for working with chemical reagents in the chemical laboratory, the ability to assess the risk of using chemicals, instruments in the laboratory	2. Ability to select physics and chemistry content for basic and elective courses in basic and profile schools, preparation of extracurricular activities

Continuation of the table

3. Application of theoretical knowledge and understanding to solve chemical problems of qualitative and quantitative nature	3. Ability to make observations, measurements, monitoring of chemical phenomena and processes, design laboratory research	3. Ability to organize the educational environment according to the physics and chemistry content of teaching chemistry at school
4. The ability to assess technological, environmental, valeological and other problems and risks associated with the possibility, directions, conditions and mechanisms of chemical processes, to find ways to solve them	4. The ability to interpret and process experimental data obtained during laboratory experiments, taking into account their relevance and consistency with theory	

REFERENCE

1. Gavronskaya, Yu. Yu. Upravlenie processami vzaimodejstviya studenta s informacionnym prostranstvom obrazovatelnoj sredy ximiko-pedagogicheskogo obrazovaniya pri interaktivnom obuchenii specialnym ximicheskimi disciplinami / Yu. Yu. Gavronskaya // Sovremennoe informacionno-obrazovatelnoe prostranstvo: sb. nauch. trudov. – SPb.: SPb GIPT, 2006. – S. 27–32.

2. Gavronskaya, Yu. Yu. Formirovanie specialnoj ximicheskoy professionalnoj kompetentnosti pri interaktivnom obuchenii ximicheskimi disciplinami studentov pedagogicheskogo vuza / Yu. Yu. Gavronskaya // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni A. I. Gercena. Ser.: Psixol.-ped. nauki (psixologiya, pedagogika, teoriya i metodika obucheniya). – 2007. – № 8 (30). – S. 144–154.

3. Jaques, D. Learning in Groups: A Handbook for Face-to-Face and Online Environments / D. Jaques, G. Salmont. – 4th ed. – Abingdon, UK : Routledge, 2007.

[К содержанию](#)

УДК 544.5

А. А. ЛИСИЦА

Научный руководитель – Г. А. Бурдь
Беларусь, Гродно, ГрГУ имени Янки Купалы

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕМЫ
«ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ» УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ХИМИЯ»
ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЙ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Химическая связь – это явление взаимодействия атомов, обусловленное перекрыванием электронных облаков связывающихся частиц, которое сопровождается уменьшением полной энергии системы [1].

Учение о химической связи является одной из центральных проблем современной химии. Сегодня не представляется возможным изучение свойств, строения и превращений химических соединений без знания теории химической связи. Не имея представлений о теории химической связи, практически невозможно понять элементарные химические процессы. В курсе химии учение о химической связи занимает особое место, поскольку благодаря ему строится понимание природы и поведения различных химических соединений. Зная природу взаимодействия атомов, можно объяснить многообразие химических соединений, их свойства и реакционную способность. Это позволяет управлять скоростью химической реакции, изменять свойства и т. д. Такие знания помогают построить целостную картину химических явлений и готовят к восприятию новых идей, на которых могут строиться новые технологии.

Методическая разработка – разновидность учебно-методического издания в помощь педагогу, раскрывающая формы, средства и методы обучения, элементы современных педагогических технологий или сами технологии обучения и воспитания применительно к конкретной теме занятия, теме учебной программы, курсу в целом.

Методическая разработка может представлять собой:

- разработку конкретного занятия;
- разработку серии занятий;
- разработку темы программы;
- описание новых форм, методов или средств обучения и воспитания (словари, справочники, альбомы, плакаты, учебные карты, таблицы, схемы, видеофильмы, звукозаписи, средства информационно-коммуникационных технологий и др.);
- сборник практических заданий и упражнений, способствующих достижению современных целей образования [2].

Предлагаемые методические разработки раскрывают тему «Химическая связь» и состоят из двух частей. В первой части приведена теория раздела «Химическая связь» в объеме учебной программы для учреждений общего среднего образования. В ней представлены ключевые понятия, основные закономерности образования и свойства химической связи. Теоретическая часть включает нижеперечисленные разделы.

1. Общие сведения.

Понятие «Химическая связь», причины образования химической связи, основные характеристики химической связи: длина, прочность, валентные углы.

Общие сведения о химической связи позволяют ознакомить учащихся с современным представлением о химической связи, дать понятие о ее электростатической природе, причинах образования. Знание основных характеристик связи позволяет более детально описать строение веществ, а также их химические свойства.

2. Метод валентных связей.

Механизмы образования валентных связей, σ -, π - и δ -связи, гибридизация атомных орбиталей.

Изучение метода валентных связей позволяет углубить понятие о механизме образовании и сущности химической связи, ознакомить учащихся с одинарной, двойной и тройной связью, формировать умение писать электронные формулы простых веществ. Понимание гибридизации помогает более детально рассмотреть строение молекул, образованных элементами второго периода.

3. Типы химической связи.

Ковалентная связь. Понятие «ковалентная связь», механизмы ее образования, основные свойства ковалентной связи, полярная и неполярная ковалентная связь, кристаллическая решетка.

Ионная связь. Понятия «ионы», «ионная связь», особенности образования ионной связи, основные свойства ионной связи, кристаллическая решетка.

Металлическая связь. Понятие «металлическая связь», природа и особенности образования металлической связи, кристаллическая решетка.

Водородная связь. Понятие «водородная связь», механизм образования водородной связи, межмолекулярные и внутримолекулярные водородные связи, свойства веществ с данным типом связи, кристаллическая решетка.

Изучение указанного материала позволяет формировать у учащихся глубокие знания об основных характеристиках конкретных видов химической связи. Формирование представлений об особенностях ионной, металлической и водородной связи и различиях между ними способствует

пониманию строения вещества и различий в физических свойствах соединений. Поскольку тип химической связи влияет на свойства вещества, в том числе на его поведение в растворах, на примере рассмотрения ковалентной неполярной и полярной связи и ионной связи с привлечением понятия электроотрицательности представляется возможным сформировать у учащихся первичные представления о способах разрыва химической связи, в том числе о диссоциации веществ.

Так как на сегодняшний день одним из широко используемых методов контроля знаний учащихся является тестирование, вторая часть настоящей работы представляет собой комплекс заданий для контроля знаний по теме «Химическая связь» и представлена заданиями в тестовой форме пяти уровней сложности различной формы:

а) задания закрытой формы, в которых тестируемому необходимо выбрать одно и несколько правильных ответов;

б) задания открытой формы, в которых требуется самостоятельная формулировка правильного ответа;

в) задания на установление соответствия;

г) задания на выбор верного и неверного утверждений.

Тестирование является достаточно качественным и объективным способом оценивания. Его объективность достигается путем стандартизации процедур проведения и проверки показателей качества полученных учащимися знаний, оно ставит всех учащихся в равные условия как в процессе контроля, так и в процессе оценки, практически исключая субъективизм преподавателя.

Предлагаемые методические разработки предназначены для использования как на учебных занятиях, так и для самостоятельной работы учащихся, так как могут помочь учащимся заниматься индивидуально (например, в случае пропуска учебных занятий) и предусматривают возможность самоконтроля знаний учащимися. Блок контрольных заданий может быть также использован учителем при организации учебного процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы общей химии / Б. В. Некрасов и [и др.]. – М. : Гостхимиздат, 1962. – 656 с.

2. Буйлова, Л. Н. Организация методической службы учреждений дополнительного образования детей : учеб.-метод. пособие / Л. Н. Буйлова, С. В. Кочнева. – М. : ВЛАДОС, 2001. – 158 с.

3. Мычко, Д. И. Химия. 11 класс : учеб. пособие для учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д. И. Мычко, К. Н. Прохоревич, И. И. Борушко. – М. : Адукацыя і выхаванне, 2021. – 303 с.

[К содержанию](#)

УДК 378.14:54

**И. Е. МАЛАШОНОК, С. Л. РАДЧЕНКО, О. И. САЛЫЧИЦ,
Н. А. ГВОЗДЕВА, В. А. АШУЙКО**
Беларусь, Минск, БГТУ

АДАПТАТИВНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА БГТУ

Важную роль в изучении химических дисциплин играет приобретение навыков. Знание номенклатуры, составление электронных конфигураций, стехиометрические расчеты, предсказание продуктов реакции, вычисление выхода продукта и т. д. – все это навыки, которые приобретаются путем практики. Химию легко выучить и еще легче забыть. Для того чтобы сохранить знания, необходимо много практиковаться. В противном случае полученная информация быстро забывается.

Строгое следование учебным программам при изучении химии в средней школе означает, что учителя часто вынуждены переходить к изучению нового материала прежде, чем тема полностью понята и изучена. Как результат, предварительное тестирование студентов-первокурсников показало, что мы имеем значительную долю студентов, не освоивших в должной мере школьную программу. Преподавателями кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники было отмечено, что первокурсники 2022/2023 учебного года имели наиболее низкий уровень подготовки по химии по сравнению с первокурсниками предыдущих наборов. Очевидно, пандемия коронавирусной инфекции и необходимость дистанционного обучения в 2020 году сказались на качестве подготовки школьников.

Это внесло коррективы в учебный процесс. Первые занятия в университете были посвящены повторению наиболее важных и нужных разделов школьной программы, без знания которых невозможно усвоение вузовской программы.

Наиболее важной функцией управления качеством образования является проверка и оценка степени освоения учебного материала, своевременное выявление недостатков и пробелов в знаниях студентов для дальнейшей коррекции образовательного процесса.

Степень освоения учебного материала по дисциплинам «Теоретические основы химии» и «Неорганическая химия» в БГТУ выявляется с помощью текущего тестирования, проводимого во время занятий. Преподаватели кафедры химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники чаще всего используют такие виды

контроля знаний, как входной, тематический и итоговый тесты. Дисциплины «Теоретические основы химии» и «Неорганическая химия» студенты изучают на первом курсе в группах, состоящих обычно из 30 студентов. Проведение индивидуального опроса в таких условиях представляется невозможным, а одновременное тестирование всей группы позволяет за сравнительно короткий промежуток времени оценить степень и качество освоения учебного материала для большого количества студентов.

По результатам тематического тестирования преподаватель делает вывод о необходимости дополнительной проработки данной темы отдельными студентами либо переходу их к изучению следующего раздела. Использование дистанционных образовательных технологий на базе LMS Moodle дает возможность быстро и объективно оценивать знания студентов. В системе дистанционного обучения БГТУ на базе Moodle для студентов размещены электронные учебные курсы по дисциплинам «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия». Основная часть учебных курсов включает:

1) лекционный материал – включает излагаемую на лекциях теоретическую информацию, примеры решения типовых задач с подробным разбором решения. Наличие в курсе лекционного материала позволяет изучить его в случае невозможности присутствия студента на лекции;

2) дополнительные материалы к лекции – презентации, методические пособия, видеоматериалы или ссылки на них – способствуют более глубокому освоению теоретического материала;

3) задания для самостоятельной работы студентов, выполнение которых предусматривает знание теории, умение решать задачи. Самостоятельная работа предполагает, что студент просматривает учебный лекционный и дополнительный материал по теме, выполняет тренировочные тесты и индивидуальные контрольные задания, в том числе с ограничениями по времени и дате выполнения;

4) текущая аттестация по разделам курса – позволяет оценить степень освоения учебного материала. При выполнении задания типа эссе возможен ввод текста и загрузка файлов с компьютера студента, при проверке которого преподаватель может не только выставить оценку за работу, но и добавить свои комментарии. На этапе проверки знаний студенты выполняют контрольный тест по пройденному материалу, получают отметку и комментарии преподавателя по неправильно выполненным заданиям теста.

В случае необходимости дополнительной проработки материала данной темы отдельными студентами самостоятельная работа студентов под контролем преподавателя становится преобладающей в учебно-образовательной деятельности. От преподавателей требуется прежде всего

сформировать у них навыки самообразования. Самостоятельная работа предполагает, что студент просматривает учебный лекционный и дополнительный материал по теме, выполняет тренировочные тесты и индивидуальные контрольные задания. Содержащиеся в электронном учебном курсе примеры решения типовых заданий и задач с подробным разбором решения или образцами ответов помогают студенту освоить материал в полной мере. В случае неуспешной попытки студенты имеют возможность дистанционно проконсультироваться с преподавателем и выполнить задание повторно. При этом ни студенты, ни преподаватели не привязаны ко времени и месту проведения консультации, что имеет большие преимущества по сравнению с традиционными формами получения консультации.

Практическое применение системы Moodle для проведения тестирования демонстрирует, что данное программное обеспечение удачно сочетает простоту, доступность как для преподавателей, так и для студентов [1–3].

Таким образом, тестирование с использованием системы Moodle позволяет оценить уровень освоения учебного материала, персонализировать обучение студентов, обеспечить индивидуальные методы обучения, улучшить уровень знаний студентов с учетом их индивидуальных особенностей.

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 : материалы Респ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 2 марта 2018 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; 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 : материалы 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 Internat. Conf. on Chemistry and Chemical Education, Minsk, Belarus, April 13–14, 2021. – Minsk : BSY, 2021. – P. 122.

[К содержанию](#)

УДК 543:612.014.461.3+615.015

Е. О. МАРКОВА, Н. Ф. ФАРАЩУК

Российская Федерация, Смоленск, ФГБОУ ВО «СГМУ» Минздрава России

ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ФРАКЦИЙ ВОДЫ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В СВЕРХМАЛЫХ ДОЗАХ НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КРЫС

Сверхвысокие разведения исходного вещества более 200 лет являются предметом медико-биологических исследований. В настоящее время уже имеется достаточно сведений об экспериментальной и клинической эффективности таких препаратов, как «Тенотен», «Анаферон», «Импаза», «Эргоферон», «Пропротен-100», «Кардос» и др., содержащих антитела в сверхмалых дозах [2]. Профессор Эпштейн и другие исследователи предполагают, что возможным объяснением эффектов сверхмалых доз является сохранение тонкой структуры растворяемого вещества и формирование в растворе семантически организованных констелляций. Предполагается, что молекулы растворителя ориентируются вокруг растворяемого вещества в определенном кластерном порядке. Кластеры в своей пространственной конфигурации фиксируют физические свойства вещества и при дальнейшем разведении сохраняют эту информацию. Вероятно, немаловажную роль играет и структура воды. Вода в живых системах находится в двух фазовых состояниях – свободная и связанная с биомолекулами тканей. Свободная – та часть воды, которая не ассоциирована с макромолекулами. Она характеризуется способностью совершать изотропное движение в пределах мембраны, характерное для жидкой воды. Она может покидать пределы биологической мембраны, обмениваясь с молекулами воды вне- или внутриклеточного пространства. Связанная вода – структурированная – образует гидратную оболочку высокомолекулярных соединений. Связанная вода присутствует в мембранах клеток в виде одиночных молекул и гидратных оболочек [1; 4].

Цель – выявить зависимость действия препаратов «Эргоферон» и «Импаза» в сверхмалых дозах на содержание структурных фракций воды при высокой физической активности крыс.

Материалы и методы. Исследование проведено на крысах обоего пола линии Wistar массой 190–200 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария СГМУ при естественном световом режиме, свободном доступе к лабораторному корму и воде. После перевода из вивария

крысы выдерживались два дня в лаборатории кафедры для адаптации. В контрольную и опытную группы подбирали животных одинаковой массы. Объектом исследования являлись препараты «Эргоферон» (Э) и «Импаза» (И) в сверхмалых дозах. Для изучения физической работоспособности использовалась методика «принудительного плавания до полного отказа» в условиях хронического эксперимента. Животных с грузом, прикрепленным к основанию хвоста и составляющим 7 % от массы тела, помещали в цилиндрический сосуд с водой ($t = 22-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Оценка физической работоспособности осуществлялась по результатам исследования времени плавания крыс до полного отказа – погружения животного на дно сосуда и выпуска им пузырьков воздуха. Эксперимент проводится в две серии опытов. В первой серии животных разделили на две группы. Одной группе первые 8 дней дается препарат «Импаза» в дозировке 1 таблетка на 1 л воды «БонАква», а затем в последующие 7 дней дается препарат «Эргоферон» в дозировке 1 таблетка на 1 л воды «БонАква». Второй группе животных все 15 дней эксперимента назначается «Эргоферон» в соответствующей дозировке. Контрольным животным дается вода «БонАква» с добавлением лактозы в дозировке 0,27 г/л. Добавление лактозы контрольным животным связано с тем, что она входит в состав используемых препаратов «Эргоферон» и «Импаза». Во второй серии опытов крысам дается комбинация препаратов «Эргоферон» + «Импаза» в дозировке по 0,5 таблетки на 1 л воды «БонАква» на протяжении всего эксперимента. Контрольным животным дается вода «БонАква» с добавлением лактозы (0,27 г/л). Тест «принудительного плавания» проводился на 1-е и 15-е сутки эксперимента.

Изучение структуры водных фракций воды в крови проводили термобариметрическим методом [3]. 0,1 мл крови наносили на предварительно взвешенное предметное стекло в виде тонкого мазка, производили высушивание на аналитических весах при комнатной температуре с регистрацией изменения веса через каждые 30 секунд до постоянного веса. Далее образец досушивали в термостате 2 часа при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ для полного удаления воды. По массе сухого остатка рассчитывали содержание общей воды.

$$m_{\text{образца}} = m_{\text{образца на стекле}} - m_{\text{стекла}}$$

$$m_{\text{сухого остатка}} = m_{\text{сухого остатка на стекле}} - m_{\text{стекла}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{общая}} = m_{\text{образца}} - m_{\text{сухого остатка}}$$

$$\text{Содержание общей воды, в \%} = m(\text{H}_2\text{O})_{\text{общая}} \times 100 \% / m_{\text{образца}}$$

По данным высушивания при комнатной температуре строили график зависимости массы образца от времени (рисунок).

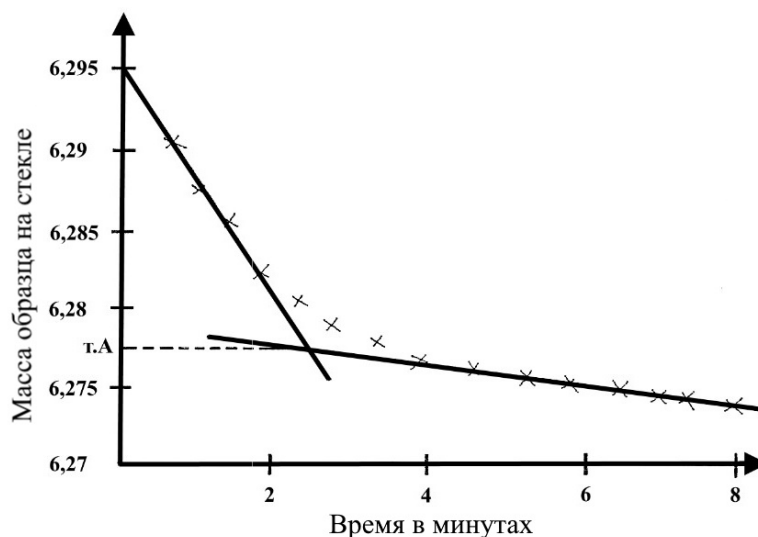


Рисунок – Зависимость массы образца от времени высушивания

По графику находили точку пересечения прямых (точка А), которая соответствует точке полного испарения свободной воды и начала испарения связанной, на основании чего рассчитывали содержание фракций воды в образце.

$$m(H_2O_{\text{свободная}}) = m_{\text{образца на стекле (первое взвешивание)}} - \text{точка } A$$

$$m(H_2O_{\text{связанная}}) = m(H_2O_{\text{общая}}) - m(H_2O_{\text{свободная}})$$

$$\text{Содержание свободной воды, в \%} = m(H_2O)_{\text{свободная}} \times 100 \% / m_{\text{образца}}$$

$$\text{Содержание связанной воды, в \%} = m(H_2O)_{\text{связанная}} \times 100 \% / m_{\text{образца}}$$

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2019 и Statistica 7. Различия между параметрами считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В первой серии опытов было установлено, что в тесте принудительного неизбежного плавания последовательное назначение препаратов «Импаз», а затем «Эргоферон» (И→Э) статистически значимо повышало время плавания крыс до утомления по сравнению с контрольной группой и группой при постоянном введении «Эргоферон». Это свидетельствует о положительном влиянии данного сочетания препаратов на состояние физической работоспособности у животных и его способности повышать толерантность к форсированной

физической нагрузке. Причем мы наблюдали достоверное увеличение физической работоспособности как у самцов, так и у самок (таблица 1).

Таблица 1 – Продолжительность плавания животных разных групп

Время плавания (в мин.)	Самцы (n = 10)			Самки (n = 10)		
	Контроль	И->Э	Э	Контроль	И->Э	Э
1-е сутки	10,90 ± 1,46	9,92 ± 1,80	10,94 ± 1,64	11,13 ± 1,04	13,97 ± 1,84	11,71 ± 1,96
15-е сутки	19,63 ± 0,96	39,29 ± 2,58*	23,14 ± 1,40*	15,81 ± 1,56	38,83 ± 1,80*	25,32 ± 2,05*
Примечание – * – p < 0,05 по отношению к контрольной группе животных.						

При изменении внешних условий наблюдаются сдвиги в соотношении структурных фракций воды. Вероятно, введение препаратов способствует формированию в крови организованных констелляций, что повышает уровень связанной воды и уменьшает уровень свободной воды, что достоверно проявляется на 15-е сутки эксперимента (таблица 2), причем содержание общей воды практически не изменяется. В первые сутки после введения препаратов достоверных изменений не выявлено. Совместное применение «Импазы», а затем «Эргоферон» почти в два раза эффективнее повышает уровень связанной воды, чем «Эргоферон».

Таблица 2 – Сравнительная характеристика содержания фракций воды в крови животных

Содержание фракций воды, в %	Самцы (n = 10)			Самки (n = 10)		
	Контроль	И->Э	Э	Контроль	И->Э	Э
1-е сутки						
Свободная	63,36 ± 24,6	62,86 ± 1,50	63,16 ± 1,64	63,38 ± 2,56	62,98 ± 3,46	63,20 ± 2,50
Связанная	9,06 ± 1,22	9,11 ± 0,98	8,96 ± 1,02	9,10 ± 1,20	9,00 ± 1,40	9,18 ± 0,96
Общая	72,42 ± 3,11	71,97 ± 3,02	72,12 ± 2,90	72,48 ± 3,05	71,98 ± 3,18	72,38 ± 2,45
15-е сутки						
Свободная	63,40 ± 2,60	53,07 ± 1,45*	56,82 ± 2,55*	63,30 ± 2,06	53,00 ± 1,15*	56,95 ± 2,25*
Связанная	9,20 ± 1,18	20,10 ± 0,98*	15,15 ± 1,20*	9,02 ± 1,02	19,50 ± 1,28*	14,95 ± 2,05*
Общая	72,60 ± 2,18	73,17 ± 2,92	71,97 ± 2,20	72,32 ± 2,10	72,50 ± 1,92	71,90 ± 2,21
Примечание: * – p < 0,05 по отношению к контрольной группе животных.						

В дальнейшем изучалось совместное влияние препаратов на физическую работоспособность и содержание структурных фракций воды в крови. Достоверных различий изучаемых показателей между крысами обоего пола не наблюдалось, поэтому во второй серии опытов не проводилось разделение по половому признаку. Было установлено, что одновременное назначение препаратов «Импаза» и «Эргоферон» не вызывает преимущества перед способом назначения в первой серии: вначале «Импаза», а потом «Эргоферон» (таблица 3).

Таблица 3 – Продолжительность плавания животных разных групп

Группа животных (n = 10)	Время плавания (в мин.)	
	1-е сутки	15-е сутки
Контроль	11,95 ± 2,80	15,48 ± 1,90
И→Э	15,16 ± 2,28	28,98 ± 2,01
И+Э	15,48 ± 2,40	30,06 ± 1,91

При совместном введении препаратов «Импаза» и «Эргоферон» не происходило и значимых изменений в соотношении между структурными фракциями воды (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительная характеристика содержания фракций воды в крови животных

Содержание фракций воды, в %	Контроль	И→Э	И+Э
1-е сутки			
Свободная	63,36 ± 2,46	62,86 ± 1,50	63,16 ± 1,64
Связанная	9,06 ± 1,22	9,11 ± 0,98	8,96 ± 1,02
Общая	72,42 ± 3,11	71,97 ± 3,02	72,12 ± 2,90
15-е сутки			
Свободная	63,28 ± 2,45	53,04 ± 1,15	53,28 ± 1,10
Связанная	9,00 ± 1,20	19,80 ± 1,28	20,01 ± 1,16
Общая	72,28 ± 2,20	72,84 ± 2,92	73,29 ± 2,18

Заключение. Большие физические нагрузки приводят к развитию катаболической фазы, когда масса тела начинает снижаться и требуется активизировать анаболическую фазу при помощи анаболизирующих веществ, которые способны влиять на белковый обмен и поддерживают или увеличивают мышечную массу. В связи с этим меняется и содержание структурных фракций воды в крови животных. При длительном плавании на 15-е сутки увеличивается содержание связанной воды и уменьшение свободной при неизменном уровне общей воды, что говорит о развивающихся адаптационных механизмах организма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водно-электролитный обмен и его нарушения : рук. для врачей // В. Г. Антонов [и др.]. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 208 с.
2. Дмитриев, А. Н. Релиз-активные лекарственные препараты – новое направление в лечении острых респираторных вирусных инфекций (обзор литературы) / А. Н. Дмитриев // Практик. медицина. – 2014. – № 7 (83). – С. 137–143.
3. Фаращук, Н. Ф. Вода – структурная основа адаптации / Н. Ф. Фаращук, Ю. А. Рахманин. – М. ; Смоленск, 2004. – 180 с.
4. Фаращук, Н. Ф. Вода как структурная матрица жизни / Н. Ф. Фаращук // Вестн. Смол. гос. мед. акад. – 2020. – № 1 (19). – С. 56–70.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

С. С. МЕЛЕХОВЕЦ

Беларусь, Брест, лицей № 1 имени А. С. Пушкина

УРОКИ ОБОБЩЕНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ С ПОЗИЦИИ ПОДГОТОВКИ К ЦЭ И ЦТ

Химия – сложная наука, требующая устойчивых знаний и понимания предмета. Без продуманного плана действий подготовиться и достойно сдать централизованный экзамен или тестирование достаточно сложно. Задача учителя – помочь учащимся составить план и неукоснительно следовать ему с того момента, когда было принято решение сдавать ЦЭ или ЦТ по тому или иному предмету.

Устойчивый интерес к изучению химии может быть обеспечен постоянной взаимосвязью теоретических знаний с их практическим применением. Уроки обобщения, систематизации и закрепления знаний позволяют не только повторить материал конкретной темы, но и установить ее взаимосвязь с ранее изученным материалом, не только дают возможность подготовиться к очередной контрольной работе, но и являются хорошим поводом обратиться к заданиям ЦЭ и ЦТ. Самый эффективный способ вызвать и сохранить интерес учащихся к учебному процессу и его результативности – создание ситуации успеха, понимания важности и актуальности изучения каждой темы.

Обобщающие уроки предполагают высокую мотивацию, продуманное целеполагание, четкую взаимосвязь отдельных их этапов, постоянную обратную связь, само- и взаимоконтроль. Для таких уроков мы обычно разрабатываем презентации (иногда это делает учитель, иногда (по жела-

нию) ученики) с целью визуализировать материал темы, сделать его более компактным, приемлемым для восприятия и осознанного запоминания. Готовим печатные раздаточные материалы: опорные схемы, инструктивные карты, карты-тренажеры для отработки определенных умений, «шпаргалки», которые помогают не только выучить, но и правильно использовать формулы. Для понимания сложной информации широко используем схемы, рисунки, таблицы, ментальные карты. Самостоятельная работа по их составлению в группах или парах на обобщающих уроках стимулирует творческое мышление, идет обмен мнениями, более глубокое усвоение и понимание учебного материала, как нового, так и пройденного ранее.

Теорию мы делим на отдельные тематические блоки, к каждому из них подбираем задания, упражнения и задачи, в том числе из ЦТ. Обобщающие уроки позволяют интегрировать в учебный процесс телефон для поиска дополнительной информации в сети Интернет, для прохождения интерактивного опроса.

На уроках обобщения и систематизации знаний можно задействовать огромный арсенал различных методов и приемов мотивации, организации учебной деятельности, контроля и самоконтроля. Формы организации учебной деятельности могут быть самыми разными: фронтальный опрос, индивидуальная, парная и групповая работа по выполнению заданий разного типа, коллективное обсуждение.

Входной тестовый контроль (достаточно 5–10 простых вопросов по пройденной теме с выбором одного ответа) с последующей самопроверкой по образцу и обсуждением проблемных вопросов призван сосредоточить внимание учащихся на теме урока, осознать важность и личную значимость создаваемого образовательного продукта, совместно с учителем сформулировать цель и задачи урока.

Для дальнейшей плодотворной работы необходима диагностика опорных знаний, самоопределение учащихся на результат их познавательной деятельности. Можно предложить учащимся задания по вариантам на соответствие (например, «Название вещества – общая формула класса кислородсодержащих соединений») при обобщении темы «Карбоновые кислоты»), организовать проверку по образцу, обсудить принадлежность веществ из разных вариантов к гомологам или изомерам (таблица 1).

Прием «Восстановите текст» позволяет вспомнить ключевые понятия темы. Например, тема «Неметаллы»:

В растворе фосфорной кислоты концентрация ионов H^+ _____, чем концентрация HPO_4^{2-} . Лакмус окрашен в _____ цвет. При осторожном добавлении избытка щёлочи цвет индикатора становится вначале _____, затем _____. При этом концентрация ионов H^+ станет _____, чем концентрация ионов OH^- . Протекает реакция _____.

Таблица 1 – Примеры вариантов для проверки знаний

ВАРИАНТ 1	Общая Формула	ВАРИАНТ 2
Название вещества		Название вещества
В) 3-этилфенол	1) $C_n H_{2n-6} O$	Г) 2-этилфенол
Г) 2-метилпропаналь	2) $C_n H_{2n} O$	Е) бутаналь
Д) бутандиол-1,2	3) $C_n H_{2n+2} O_2$	Б) пропандиол-1,2
А) пентанол-2	4) $C_n H_{2n+2} O$	Д) 2-метилбутанол-1
Е) масляная кислота	5) $C_n H_{2n} O_2$	А) бутановая кислота
Ж) 2-метилбензойный альдегид	6) $C_n H_{2n-8} O$	В) бензальдегид
Б) бензойная кислота	7) $C_n H_{2n-8} O_2$	Ж) 2-этилбензойная кислота

Еще один тип заданий из ЦТ – «Верные и неверные утверждения». Можно последовательно демонстрировать их на экране, а учащиеся будут отвечать устно или ставить «+» или «-» в листках контроля. Очень полезно предложить учащимся придумать свои правильные и неправильные утверждения, ввести элемент соревновательности: кто придумает больше оригинальных, не повторяющихся утверждений. Работа в группах по принципу «карусели»: придумать задание такого типа для других групп, обменяться, выполнить, проверить.

Для повторения химических свойств изученных классов соединений учащимся можно предложить самостоятельно заполнить таблицу, а затем осуществить взаимопроверку (исправление возможных ошибок соседом по парте) и проверку по образцу. В теме «Кислородсодержащие органические вещества» это может быть такой вариант (таблица 2).

Таблица 2– Пример заданий для взаимопроверки знаний учащимися

Соединения	Na	HCl	NaOH	$Cu(OH)_2$	CuO	$Ag_2O, (NH_3)$	Na_2CO_3
Этанол	+	+			+		
Этаналь				+		+	
Глицерин	+	+		+			
Муравьиная кислота	+		+	+	+	+	+
Фенол	+		+				
Уксусная кислота	+		+	+	+		+
Этиленгликоль	+	+		+			

Отработать умение составлять уравнения реакций, характеризующих свойства и способы получения веществ, помогает работа с тренажерными картами. Для одних реакций предлагается написать продукты и указать условия протекания, для других – установить необходимые реагенты,

назвать вещества и типы реакций, составить аналогичные реакции с другими веществами. Эту работу можно проводить фронтально, когда одни ученики работают у доски, остальные в тетрадях, или составлять уравнения самостоятельно по вариантам с последующей проверкой учителем и выставлением отметок.

Для закрепления на экран выводится несколько тестовых заданий типа: «Выберите утверждения, верно характеризующие...», «С какими из веществ реагирует..., но не реагирует...», «В каком ряду все вещества взаимодействуют с...», «С помощью какого реагента можно распознать...и...», «Вещество... можно получить в результате реакций...», которые выполняются и комментируются учащимися, а при необходимости и учителем.

После повторения химических свойств и способов получения вполне уместны задания на идентификацию смесей веществ. Учитель должен обязательно показать алгоритм рационального выполнения заданий такого типа, отработать его с учащимися и предложить несколько заданий для самостоятельного выполнения. Пример такого задания:

В четырех пронумерованных пробирках находятся водные растворы органических веществ. Известно, что:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ При добавлении соды выделение газа наблюдается в пробирках № 1 и № 4; ▪ При добавлении $\text{Cu}(\text{OH})_2$ образование ярко-синего раствора наблюдается в пробирке № 3; ▪ При дальнейшем нагревании пробирок кирпично-красный осадок выпадает только в пробирке № 4. 	
Вещество	№ пробирки
А) этанол	1
Б) этиленгликоль	2
В) уксусная кислота	3
Г) муравьиная кислота	4

Так как централизованное тестирование имеет строгие временные рамки, мы учим выполнять задания не только правильно, но и быстро. Для понимания важности фактора времени при выполнении заданий можно предложить бонус за самый быстрый и правильный ответ.

Рациональному использованию времени способствует в первую очередь аккуратное и логически оправданное оформление записей, применение алгоритмов для решения заданий и задач. Особую значимость приобретает и самостоятельное их конструирование. Составление тестов, заданий и задач позволяет увидеть их с другой, авторской позиции, как бы изнутри, дает понимание того, какие законы и правила должны соблюдаться, какие основные моменты нужно учесть при последующем их выпол-

нении, какие «подводные камни» могут при этом встретиться. Для самостоятельного составления на уроке можно предложить задания типа: «Расположите в определенной последовательности...», «Установите соответствие», «Выберите правильные утверждения».

Если такое задание даётся в качестве домашней работы, учащиеся должны понимать, как должен выглядеть тест, им следует предложить образец. Например, тема «Электролитическая диссоциация».

<p>1. Укажите ряд, в котором приведены формулы только <i>сильных, слабых</i> электролитов: А) ___; ___, ___; Б) ___; ___, ___; В) ___; ___, ___; Г) ___; ___, ___.</p> <p>2. Ступенчато в водном растворе диссоциируют оба вещества в паре: А) ___; ___; Б) ___; ___; В) ___; ___; Г) ___; ___.</p> <p>3. pH раствора <i>возрастает, уменьшается</i>, когда в воде по отдельности растворяют: А) ___ и ___; Б) ___ и ___; В) ___ и ___; Г) ___ и ___.</p> <p>4. Сокращенное ионное уравнение _____ соответствует взаимодействию веществ: А) ___ и ___; Б) ___ и ___; В) ___ и ___; Г) ___ и ___.</p> <p>5. Растворы _____ и _____ можно различить с помощью: А) _____; Б) _____; В) _____; Г) _____.</p>
--

Зачастую причиной ошибок в ЦЭ и ЦТ является невнимательное прочтение вопросов и условий задач или их непонимание. Поэтому ребята должны научиться выделять в любом вопросе ключевые понятия, проанализировать их, установить взаимосвязь и сделать соответствующие умозаключения. Подавляющее большинство тестовых заданий легче выполнять по принципу «от общего к частному», вначале вспоминая общие закономерности и правила, а затем уже применяя их к конкретной ситуации.

На обобщающих уроках можно повторить практически все типы расчетных задач. Учащиеся должны уметь определить, к какому типу относится конкретная задача, внимательно прочитать и проанализировать ее условие, вспомнить, какие основные формулы могут быть использованы в ходе решения. Попробовать решить задачу несколькими способами, выбрать наиболее оптимальный из них. Обязательно проверить, правильно ли дан ответ, так как иногда может быть ошибочно записан промежуточный результат (например, указана масса раствора вместо объема или масса вещества в смеси вместо его массовой доли).

Интересен прием решения задач «Карусель», когда 3–5 групп учащихся получают исходное условие задачи, решают ее, усложняют (дополняя условие) и передают другой группе. И так до тех пор, пока задача не вернется в свою группу.

Задача для 1-й группы. К бромиду натрия массой 41,2 г добавили избыток нитрата серебра. Чему равна масса выпавшего осадка? *Решите, дополните условие. Укажите, какую массу нитрата серебра добавили, передайте новую задачу 2-й группе.*

Задача для 2-й группы. К бромиду натрия массой 41,2 г добавили нитрат серебра, массой _____ г. Чему равна масса осадка? *Решите, дополните условие. Укажите массы растворов и массовые доли солей в них.*

Задача для 3-й группы. К раствору массой _____ г, с массовой долей бромида натрия _____% добавили раствор нитрата серебра, массой _____ г с массовой долей соли _____%. Чему равна масса осадка? *Решите, дополните условие. Задайте дополнительные вопросы к задаче.*

Задача для 1-й группы. К раствору массой _____ г, с массовой долей бромида натрия _____% добавили раствор нитрата серебра, массой _____ г с массовой долей соли _____%. Чему равна масса осадка? Какое вещество будет в избытке и какова его массовая доля в растворе после реакции? *Решите задачу.*

Таким образом, учащиеся решают четыре задачи (аналогичные, а можно и задачи разного типа по одной теме), при этом сами их составляют. Самостоятельное или коллективное конструирование прямых или обратных задач – один из важнейших приемов подготовки к ЦЭ и ЦТ.

[К содержанию](#)

УДК 37.013.41:37.04:37.091.33:54

М. Д. МИНИН, С. М. ПАНТЕЛЕЕВА

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ЛИЧНОСТНО ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ

Качество знаний учащихся является одной из фундаментальных проблем преподавания химии. Эта проблема стоит особенно остро в связи с глобально растущим потоком информации, развитием науки и технологий. Требования к уровню знаний учащихся прогрессивно растут, в результате чего сильно увеличивается и нагрузка. Поэтому на сегодняшний день важен поиск достаточно эффективных решений проблемы усвоения большого количества учебного материала за короткий промежуток времени. Одним из способов помочь учащимся в эффективном усвоении знаний и структурировании учебного материала по химии является разработка и применение новых образовательных технологий. Важнейший и эффек-

тивный принцип гуманистического образования – использование индивидуально (лично) ориентированного обучения. Целью лично ориентированного обучения является разработка такой методологии, как самомотивация, самоконтроль, самозащита и самосознание, которые необходимы для формирования оригинального образа научной компетенции, подходящего для каждого учащегося с учетом его индивидуальных особенностей [1].

Наиболее важными критериями оптимальности процесса преподавания химии в современных школах считаются эффективность, качество знаний учащихся, затраты времени и сил учителей и учащихся. Об эффективности процесса преподавания химии судят по результатам обучения, умственным способностям и итоговому уровню знаний школьников. Эффективность зависит от правильности построения учебного процесса, рациональной организации деятельности преподавателя и учащегося, соотношения баланса сил и возможностей ученика [2].

Необходимость учета индивидуальных особенностей учащихся влечет за собой проблему для учителя: систематически реализовывать индивидуальный подход. В современной школе, где один учитель работает одновременно с большим количеством учеников, персонализация обучения – это главная проблема. В системе индивидуального домашнего обучения такой вопрос может возникнуть только в том случае, когда учитель не может понять индивидуальные особенности своего ученика. Это случается достаточно редко, и такая проблема может быть обусловлена низким уровнем взаимодействия учителя и ученика, а также некомпетентностью учителя. Широко распространено мнение, что сокращение количества учащихся в классе резко повышает вероятность индивидуального подхода к каждому ученику. Видимо это одна из причин, обуславливающих стремление уменьшить количество обучающихся в классах. В повседневной школьной практике очень часто в классах с относительно небольшим количеством учеников индивидуальный личностный подход, к сожалению, не реализуется. В то же время даже в ситуации больших классов образовательная деятельность может быть очень хорошо индивидуализирована, особенно если учитель находит поддержку в виде организационных и материальных ресурсов. Можно сделать логический вывод: чем меньше учеников в классе, тем лучше условия для реализации индивидуального подхода к обучению.

Индивидуализация учитывает личные особенности учащегося в процессе обучения. Возникает вопрос: каковы особенности личности каждого из учащихся, определяющие индивидуализацию обучения? Принцип индивидуального подхода к ученику предполагает учет его личностных показателей и характеристик, которые влияют на учебную деятельность

и от которых зависит результат обучения. Это могут быть различные физические, психологические и индивидуальные характеристики: особенности всех когнитивных процессов и памяти, природа нервной системы, особенности характера и воли, мотивация, способности, талант, и оптимальные способы восприятия. Кроме того, различные социальные факторы (статус учащегося в классе или дома и различные другие внешние воздействия) вдохновляют или пагубно влияют на учебную деятельность учащихся. Все эти и многие другие внутренние и внешние факторы несомненно влияют на процесс обучения. Необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого ученика, что достаточно проблематично в большом ученическом коллективе [3].

При работе с одаренными учащимися их можно различать по темпу обучения. Это позволяет оптимально реализовать умственный потенциал учащихся и дать им возможность «продвигаться» в умственном плане, а не задерживаться на чрезмерном повторении уже усвоенных терминов и алгоритмов решения химических задач.

Также можно дифференцировать обучение по содержанию и глубине изучаемого материала. Исходя из этого, применяется упрощенная или углубленная информационная база. Однако работа с талантливыми учениками, основанная исключительно на повышении уровня сложности и увеличении объема изучаемого материала, не позволит нам создать оптимальные условия для развития одаренности [4].

Развитие ученической идентичности в рамках комплекса обучения, ориентированного на качество образования, направлено на предоставление учащимся выбора, основанного на дифференцировании заданий [2].

Для изучения феномена улучшения активизации усвоения теоретических знаний по химии при применении лично ориентированного подхода в обучении двух групп учащихся 11-х классов ГУО «Средняя школа № 15 г. Гомеля» был реализован комплекс учебных занятий, который включал в себя как изучение нового материала, так и повторение изученного, а также контроль знаний.

Реализация этапа «контроль знаний» позволила оценить успеваемость учащихся. Кроме того, исследование учитывает степень участия учеников во внеклассной и внеурочной деятельности по предмету. Количество учеников, посещающих факультативные занятия и выполняющих индивидуальные задания, выражено в процентах от общей численности учащихся в классе.

Ученики, принимающие активное участие в олимпиадах по химии и интеллектуальных состязаниях (турнир юных химиков, конкурс по химии «Белка», научно-практическая конференция «Поиск»), формируют процент участия в интеллектуально-познавательной деятельности

по предмету, который рассчитывается относительно общего количества обучающихся в классе. Данный показатель имеет большое значение при оценке активной познавательной деятельности учеников при индивидуальной и групповой работе, в рамках которой реализуется частично-поисковый (эвристический) метод изучения и закрепления знаний, умений и навыков.

Контроль знаний на разных этапах учебно-познавательной деятельности осуществлялся с применением разноуровневых заданий. Знания реализованы на репродуктивном и продуктивном уровнях, ученики не только выполнили задания по известному алгоритму, но и, опираясь на глубокие знания, имели возможность обнаружить новые пути решения поставленных задач. Выполняемые в рамках факультативных занятий проекты и индивидуальные задания повышенного уровня сложности также подвергались оценке.

Полученные результаты подверглись математической обработке и сравнительному анализу. При обработке данных об успеваемости учащихся была использована формула расчета среднего балла:

$$СБ = \frac{\sum i}{n}. \quad (1)$$

где СБ – средний балл, i – оценка, n – количество оценок.

На основе расчетов по результатам проверки уровня знаний по изученному материалу был проведен сравнительный анализ, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проверки качества знаний учащихся

Показатель	Без применения лично-ориентированного подхода	С применением лично-ориентированного подхода
Средний балл	6,9	8,0
Выполнение практических работ, %	40,7	80,0
Выполнение индивидуальных заданий, %	22,2	64,0
Интеллектуально-познавательная деятельность по предмету, %	29,6	72,0

Из данных таблицы 1 следует, что учащиеся, обучение которых осуществлялось с применением методов индивидуального подхода и дифференциации заданий, имеют средний балл 8, что в 1,2 раза выше, чем средний балл учащихся, к подготовке которых такой подход не применялся (6,9).

При сравнении среднего балла по классу до применения специфических технологий и среднего балла по окончании педагогического эксперимента наблюдалась положительная динамика.

Дифференциация заданий по сложности и индивидуальный подход к учащимся оказали наибольшее влияние на активизацию учебно-познавательной деятельности учащихся при изучении химии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качалова, Г. С. Методика формирования базисной компетентности учащихся по органической химии : монография / Г. С. Качалова. – Новосибирск : Изд-во НГПУ, 2012. – 206 с.
2. Унт, И. Э. Индивидуализация и дифференциация обучения : учеб. пособие для вузов / И. Э. Унт. – М. : Педагогика, 1990. – 76 с.
3. Сытина, Н. С. Хрестоматия по теории и технологиям обучения / Н. С. Сытина. – Уфа : Изд-во ВЭГУ, 2007. – 260 с.
4. Колеченко, А. К. Энциклопедия педагогических технологий : пособие для преподавателей / А. К. Колеченко. – СПб. : КАРО, 2001. – 368 с.

[К содержанию](#)

УДК 373.5.016:54+373.5.091.313

Т. Н. МЯКИННИК

Беларусь, Минск, БГУ

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ УМЕНИЙ САМОУПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

В связи с совершенствованием и обновлением системы образования в Республике Беларусь все большую актуальность приобретают исследования, связанные с изучением, поиском закономерностей, технологий развития учащегося как субъекта учебной деятельности. Сегодня одним из результатов общего среднего образования должна стать готовность учащихся к самоуправлению учебной деятельностью (потребность и умение самостоятельно учиться).

Самоуправление понимается нами как системно организованная учебная деятельность учащихся, осуществляемая самостоятельно на основе использования соответствующего научно-методического обеспечения. При этом учащиеся одновременно выступают в роли объекта и субъекта обучения. Умения учащихся по самоуправлению учебной деятельностью являются интегративными личностными качествами, характеризующими

способности учащихся к самостоятельному анализу учебной проблемы, постановке целей, планированию и прогнозированию ее решения с последующей самооценкой, самоконтролем и самокоррекцией.

Традиционные методы обучения естественно-научным учебным предметам, в том числе химии, направлены на развитие у учащихся когнитивных (познавательных) процессов (ощущение, восприятие, представление, внимание, воображение, память, мышление). Формирование умений самоуправления учебной деятельностью основано на метакогнитивных процессах (метапроцессах).

Наиболее широко психология метакогнитивных процессов личности рассматривается в работах А. В. Карпова, который отмечает, что «понять сущность метакогнитивных процессов можно, только исследуя их в системе, в которой они и для которой они формируются и функционируют» [1, с. 89]. В качестве такой системы выступает психологическая система деятельности, в структуре которой можно выделить такие метапроцессы, как целеполагание, антиципация, принятие решения, прогнозирование, программирование, планирование и контроль [1, с. 90].

Таким образом, метакогнитивное обучение – это обучение, в процессе которого наряду с когнитивными (ощущение, восприятие, представление, внимание, воображение, память и др.) процессами задействуются и интегральные метакогнитивные процессы регуляции учебной деятельности [2].

К методам метакогнитивного обучения химии нами отнесены: объяснение химических фактов и явлений, моделирование химических объектов, прогнозирование химических фактов и явлений, химический эксперимент, исследование, решение химических задач и рефлексия.

Рассмотрим методы и приемы метакогнитивного обучения химии.

Объяснение химических фактов и явлений – метод обучения, основанный на установлении взаимосвязей между описанными (или наблюдаемыми) фактами, явлениями и теоретическими положениями, истинность которых уже доказана. Метод объяснения применяется тогда, когда необходимо установить следующее: 1) причинно-следственные связи; 2) функциональные зависимости; 3) взаимосвязи между классами неорганических (или органических) соединений.

С целью формирования умений самоуправления учебной деятельностью метод объяснения химических фактов и явлений можно широко использовать при анализе экспериментальных данных в соответствии с теоретическими представлениями (анализ противоречий или ориентировка в ситуации), постановке цели в ходе поэтапного выполнения количественных расчетов (целеполагание), идентификации веществ на основе их свойств при выполнении химического эксперимента (принятие решений) и др. Приведем пример.

Установите структурную формулу соединения с молекулярной формулой C_4H_6 , для которого характерны следующие химические свойства:

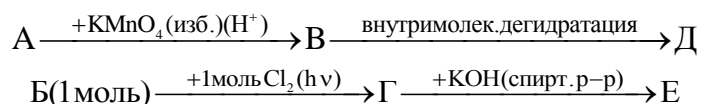
- а) в реакции гидрирования 1 моль участвует H_2 в количестве 2 моль;
- б) обесцвечивает раствор бромной воды;
- в) реагирует с водой в присутствии солей ртути;
- г) образует осадок с аммиачным раствором оксида серебра.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

Моделирование химических объектов – метод обучения, сущность которого состоит в изучении химических объектов с помощью моделей, отображающих их существенные свойства.

Для формирования умений самоуправления учебной деятельностью метод моделирования целесообразно использовать при определении оптимальных условий протекания химических реакций (анализ противоречий или ориентировка в ситуации), в ходе целеполагания при моделировании химических объектов и процессов (целеполагание), планировании химического синтеза, определении последовательности действий при решении химической задачи (планирование), соотнесении цели и результата в процессе сопоставления учащимися сконструированных моделей и реальных химических объектов (самоконтроль, коррекция) и др. Приведем пример.

Учащимся выдается шаростержневая модель молекулы октана и предлагается построить модели молекул-гомологов бензола – А и Б, образующихся в процессе дегидроциклизации октана. Установить формулы



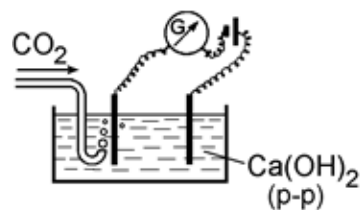
Прогнозирование химических фактов и явлений – метод обучения, позволяющий на основе важнейших теорий, законов и закономерностей химии предсказывать:

- 1) состав, строение, структуру, свойства веществ;
- 2) принадлежность веществ к тем или иным классам;
- 3) формы их нахождения и распространенность в природе;
- 4) области применения химических объектов;
- 5) методы получения веществ и материалов с заданными свойствами;
- 6) направления протекания и условия химических реакций;
- 7) устройство и принципы работы аппаратов, в которых реализуются химико-технологические процессы и др.

Обучение химии с использованием метода прогнозирования напрямую работает на формирование одноименного умения самоуправления учебной деятельностью, а также способствует формированию умения анализировать противоречия или ориентироваться в ситуации (при обоснова-

нии возможностей протекания (вероятных продуктов) химических реакций на основе стехиометрических расчетов), планировать (при постановке цели в ходе поэтапного выполнения количественных расчетов), соотносить цель и результат в процессе сопоставления учащимися исходных и полученных данных при решении расчетных задач, а также состава, строения и свойств реагирующих веществ и продуктов химических реакций при выполнении химического эксперимента (самоконтроль, коррекция). Приведем пример.

Спрогнозируйте, как будет изменяться электропроводность раствора при пропускании углекислого газа через свежеприготовленную известковую воду? Представьте график зависимости электропроводности раствора (L) от времени (t) пропускания CO_2 .



Химический эксперимент – это метод обучения, заключающийся в исследовании различных сторон химических объектов, раскрытии сущности химических явлений, формировании экспериментальных умений и навыков.

Для формирования умений самоуправления учебной деятельностью химический эксперимент можно использовать при анализе экспериментальных данных в соответствии с теоретическими представлениями (анализ противоречий или ориентировка в ситуации); постановке цели при проведении всех видов учебного химического эксперимента (целеполагание); прогнозировании свойств и способов получения веществ на основе их состава и строения и/или продуктов реакции на основе закономерностей их протекания (прогнозирование); составлении плана выполнения химического опыта или химического синтеза (планирование); идентификации веществ на основе их свойств (принятие решений); сопоставлении состава, строения и свойств реагирующих веществ и продуктов химических реакций при выполнении химического эксперимента (самоконтроль, самооценка, коррекция). Приведем пример.

К раствору сульфата железа(II) ($w = 5\%$) прилейте раствор гидроксида натрия ($w = 5\%$). Наблюдайте образование светлого осадка, который на воздухе превращается в осадок бурого цвета. Объясните наблюдаемые явления. Ответ подтвердите записью уравнений химических реакций.

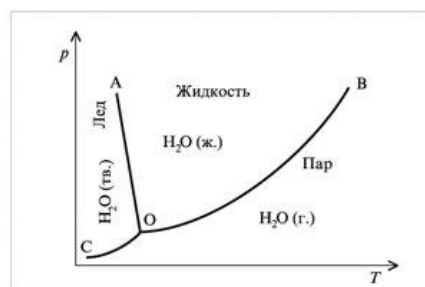
Метод исследования, учитывая специфику химической науки, наиболее полно связан с экспериментом. По характеру познавательной деятельности выделяют иллюстративный (опыт иллюстрирует слова учителя), эвристический (опыты выполняются учащимися при руководящей роли учителя) и исследовательский (опыты самостоятельно планируются и выполняются учащимися) учебный химический эксперимент.

Однако сводить использование метода исследования только к химическому эксперименту нельзя. Основой для исследования в обучении

химии и формировании у учащихся умений самоуправления могут послужить не только природные образцы воды, минералов и горных пород, нефти, растений, физических тел и др., но и конкретные цифры, графики математических зависимостей, уравнения, а также эпитафы, стихотворения и др. Приведем пример.

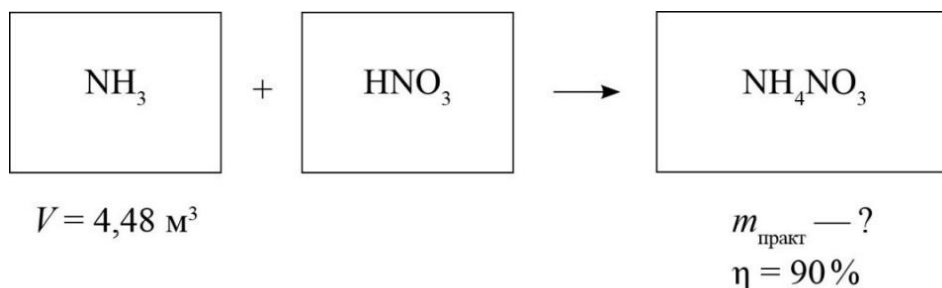
Внимательно изучите диаграмму состояния воды, т. е. условия превращения льда в жидкую воду и пар в зависимости от давления p и температуры T .

На основе анализа диаграммы объясните, почему легкое скольжение коньков при катании на льду происходит по тонкому слою воды.



Решение химических задач – это один из специфических методов обучения химии, который позволяет достичь образовательных целей за счет определенным образом организованной учебной деятельности, обеспечивая при этом развитие самостоятельности и творческой активности учащихся.

С целью формирования умений самоуправления учебной деятельностью метод решения химических задач можно широко использовать при анализе исходных данных в соответствии с теоретическими представлениями и обосновании возможностей протекания (вероятных продуктов) химических реакций на основе стехиометрических расчетов (анализ противоречий или ориентировка в ситуации), постановке цели в ходе поэтапного выполнения количественных расчетов (целеполагание), определении последовательности действий при решении химической задачи (планирование), выборе способа решения качественных и расчетных задач (принятие решений), соотнесении цели и результата в процессе сопоставления учащимися исходных и полученных данных при решении расчетных задач (самоконтроль, самооценка, коррекция). Приведем пример.



Изучите схему и вычислите массу нитрата аммония, который образуется при взаимодействии аммиака объемом $4,48 \text{ м}^3$ (н. у.) с азотной кислотой, если практический выход соли составляет 90% .

Таким образом, методика формирования у учащихся умений самоуправления учебной деятельностью при обучении химии предполагает использование соответствующих заданий, образующих три большие группы: на установление теоретических закономерностей, проведение химического эксперимента, выполнение количественных расчетов [3; 4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпов, А. В. Метасистемная организация уровней структур психики / А. В. Карпов. – М. : ИПРАН, 2004. – 504 с.
2. Карпов, А. В. Психология метакогнитивных процессов личности / А. В. Карпов, И. М. Скитяева. – М. : Ин-т психологии РАН, 2005. – 352 с.
3. Мякинник, Т. Н. Формирование у учащихся умений самоуправления учебной деятельностью в процессе проведения реального, виртуального или мысленного химического эксперимента / Т. Н. Мякинник // Вестн. МГИРО. – 2020. – № 3. – С. 23–32.
4. Мякинник, Т. Н. Формирование у учащихся умений самоуправления учебной деятельностью при выполнении количественных расчетов по химии / Т. Н. Мякинник, Е. Я. Аршанский // Біялогія і хімія. – 2020. – № 3. – С. 3–15.

[К содержанию](#)

УДК 378.147:54:378.096:57

О. В. ПЫРХ, А. В. ХАДАНОВИЧ, Т. В. МАКАРЕНКО

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ НА БИОЛОГИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ

В соответствии с компетентностным подходом вуз должен обеспечить условия для овладения студентами комплексом ключевых компетенций, для чего необходима переориентация учебного процесса на использование инновационных форм и методов организации деятельности [1]. На сегодняшний момент в распоряжении преподавателей существует большое разнообразие всевозможных методов и методик преподавания, и с каждым годом их число только увеличивается. В современных условиях от специалиста требуется умение быстро адаптироваться к новым условиям, находить оптимальные решения сложных вопросов, не теряться в ситуации неопределенности, уметь налаживать эффективные коммуникации с разными людьми. Однако традиционное репродуктивное обуче-

ние, пассивная, подчиненная роль обучаемого не может обеспечивать решения подобных задач, и в современных условиях для этого требуются новые педагогические технологии, эффективные формы организации образовательного процесса, активные методы обучения. Необходимо не только активизировать деятельность студентов в направлении запоминания готовой информации и ее последующего воспроизведения (осознанного или неосознанного), но и мотивировать стремление получать знания путем самостоятельной деятельности. В данном случае применимы активные методы обучения (частично-поисковый и исследовательский).

Применение компетентностного подхода в образовании предполагает освоение обучаемыми умений, которые позволяют им действовать в новых, проблемных ситуациях, с которыми они не сталкивались ранее и для решения которых необходимо находить пути решения для достижения требуемых результатов. Цель активных методов обучения – вовлечение студентов в учебный процесс, что будет сказываться на повышении интереса к предмету и в конечном итоге на улучшении успеваемости [2]. Студента при этом необходимо рассматривать как активную фигуру учебного процесса, а не пассивный объект обучения.

Преподаватели кафедры химии на занятиях активно используют частично-поисковый метод, когда обучающимся новая информация не дается в готовом виде, а ее необходимо получить самостоятельно, используя те знания, которые уже были получены ранее. Студенты под руководством преподавателя строят самостоятельные рассуждения, проводят анализ возникающих затруднений, сопоставляют, обобщают, формулируют выводы. Результатом вышеперечисленного является получение осознанных знаний. Так, при изучении класса «Циклоалканы» преподаватель создает следующую проблемную ситуацию: чем объяснить, что вещество состава C_6H_{12} , которое, если судить по его формуле, является непредельным и, следовательно, должно обесцвечивать раствор бромной воды, на практике не обесцвечивает его? Студенты высказывают предположение, что, по всей видимости, это вещество – предельный углеводород. Но, насколько им известно, предельные углеводороды в составе молекул содержат на два атома водорода больше. Следовательно, этот углеводород должен иметь отличное от алканов строение. Студентам предлагается самостоятельно вывести структурную формулу предложенного углеводорода.

Большое значение в формировании познавательного интереса к химии и развитию творческих способностей принадлежит химическому эксперименту, который является примером применения исследовательского метода [2]. Экспериментальная работа на младших курсах проводится в рамках неорганической, аналитической и органической химии и является одним из необходимых условий сознательного, глубокого

усвоения знаний. При выполнении эксперимента преподаватель указывает оптимальные условия его проведения на отдельных этапах самостоятельной исследовательской работы. Отдельные задания направлены на выполнение экспериментальной работы, результаты которой заранее неизвестны. Работа поискового характера дает гораздо больше для становления будущих специалистов, чем работа по готовым инструкциям, способствует закреплению пройденного материала и обеспечивает познание нового, включая в себя умение строить гипотезы, проводить наблюдения, измерения, вычисления, графические построения, анализ полученных данных.

Рассмотрим примеры экспериментальных работ, проводимых в рамках дисциплины специализации «Большой практикум». Согласно учебной программе, одним из разделов курса является определение кислотности в почвах и растениях. Занятие начинают с решения расчетных задач по определению величины водородного показателя в растворах сильных и слабых электролитов, а также в буферных системах. Каждый студент получает индивидуальное задание и проводит вычисления. Далее перед студентами ставится проблемная ситуация в приложении к конкретным реальным условиям, в частности, для анализа проб почвы и растительного материала, которые были отобраны заранее. Результаты эксперимента математически обрабатываются, сопоставляются с данными, представленными в научной литературе, и докладываются на учебных конференциях, на которых проводится критический анализ докладов, оцениваются умения проводить эксперимент, интерпретировать его результаты, отрабатываются умения выступать перед аудиторией, отвечать на вопросы исследовательского и методического характера. В рамках раздела «Фотоколориметрические методы определения ионов природных объектов» лабораторные занятия осуществляются по следующей схеме: проводится учебная конференция «Почвы и природные воды Беларуси. Методы анализа природных объектов»; решаются расчетные задачи по теме «Фотоколориметрия»; строятся соответствующие калибровочные графики; проводятся экспериментальные определения; рассчитывается содержание ионов в исследуемых пробах. Расчеты сопровождается математическая обработка.

При проведении экспериментальной исследовательской работы значительно возрастает роль самих студентов в осмыслении проблемы и цели исследования, выдвижении гипотез, поиске и обосновании способа решения проблемы, обработке результатов и формулировании выводов. Роль преподавателя сводится к индивидуальному консультированию, у студентов же формируются умения анализировать и оценивать полученные результаты. Приобретаемые при этом аналитические знания и умения используются студентами специализации «Биохимия» в ходе выполнения курсовых и дипломных работ.

Таким образом, ставшие очевидными противоречия между объемом новой научной информации в процессе вузовского обучения, методами ее усвоения студентами, возросшими требованиями к будущим специалистам могут быть преодолены не только путем совершенствования содержания обучения, но и посредством более активного вовлечения студентов в познавательную деятельность в процессе аудиторных занятий, развития их творческой инициативы, организации учебного процесса на обучающе-исследовательских принципах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жук, О. Л. Педагогическая подготовка студентов: компетентностный подход / О. Л. Жук. – Минск : РИВШ, 2009. – 336 с.
2. Белохвостов, А. А. Теория и практика методической подготовки будущего учителя химии к работе в условиях информатизации образования : монография / А. А. Белохвостов ; под ред. Е. Я. Аршанского. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2014. – 128 с.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

В. П. СЕМЕНЮК

Беларусь, Витебск, СШ № 38 г. Витебска

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ

Метод проектов зародился в конце XIX века на базе теоретических концепций прагматической педагогики. Основоположники этого метода являются Дж. Дьюи и В. Х. Килпатрик. Метод проектов впервые был реализован в сельскохозяйственных школах США, затем перенесен в общеобразовательную школу и использован на различных ступенях обучения. Иногда метод проектов даже нормативно закреплялся в учебных программах (Канада).

В 1923 году коллегией Наркомпроса принято решение о комплексном построении школьных программ на основе проектного метода. Обучение химии строилось в рамках комплексно-проектных программ типа «Природа, ее богатства и силы», «Ремесло и фабрика», «Сельское хозяйство». Результатом такого решения стала разрозненность и бессистемность химических знаний школьников. Поэтому уже в 1931 году метод проектов полностью исключен из практики работы школ СССР.

Конец XIX века можно охарактеризовать как ренессанс проектного обучения в рамках концепции личностно ориентированной педагогики [2].

Сегодня метод проектов представляет собой своеобразную педагогическую технологию, направленную на овладение школьниками новыми компетенциями и достижение ими конкретного результата в ходе планомерного поэтапного выполнения специально организованной деятельности, связанной с разработкой учебного проекта [1].

Учебные проекты классифицируют по доминирующей деятельности, выделяя следующие типы проектов:

- исследовательский;
- творческий;
- ролевой (игровой);
- ознакомительно-ориентировочный (информационный);
- практико-ориентированный (прикладной).

Кроме этого, учебные проекты классифицируют по предметно-содержательной области, выделяя монопроекты, межпредметные и надпредметные проекты.

Тематика монопроектов по химии разнообразна:

- Из истории химии.
- Ткани: прошлое и настоящее.
- Что мы знаем о веществе?
- Паспорт элемента № ...
- Сказания об одном веществе.
- Химия: польза или вред? Результат социологического опроса.
- Химия и виртуальный мир.
- Вещества на Земле и в космосе.
- История открытия химического элемента № ...
- От алхимии к настоящей химии.
- Памятники истории и архитектуры в промышленных городах.
- Химия и искусство.
- Металлы в искусстве.
- Естествознание XIX века.
- «Химические сюжеты» в литературных произведениях.
- Нитраты в продуктах питания.
- Загрязнение атмосферного воздуха.
- Бытовые отходы.
- Курение как фактор загрязнения атмосферного воздуха.
- Анализ проб воды в различных районах города.
- Экология жилища и здоровья человека.
- Химики о секретах красоты.
- Все о пище с точки зрения химика.

- Мир запахов.
- Украшения моей мамы.

В качестве примера межпредметного проекта может быть реализован проект «Тайная жизнь зеркал». Содержание этого проекта включает:

1. Кое-что о зеркалах.
2. Историки о зеркалах.
 - 2.1. Где появилось первое зеркало?
 - 2.2. Тайна острова Мурано.
3. Химики о зеркалах.
 - 3.1. Способы получения первых зеркал.
 - 3.2. Химические способы изготовления бытовых зеркал.
 - 3.3. Свинцовое зеркало.
 - 3.4. Производство зеркал.
4. Физики о зеркалах
 - 4.1. Оптические свойства зеркал.
 - 4.2. Теория кривых зеркал.
 - 4.3. Плоское зеркало.
 - 4.4. От чего рассеивается свет?
5. Медики о зеркалах.
 - 5.1. Зеркальные загадки.
6. Философы о зеркалах.
 - 6.1. Вековая тайна зеркал.
7. Литераторы о зеркалах.
 - 7.1. Сказки о зеркалах.
8. Зеркальные приметы и полезные советы.

Предложенная система методов обучения химии, обеспечивающих реализацию культурологического подхода в предметном обучении, призвана обеспечить целый ряд образовательных, воспитывающих и развивающих функций:

1. Культурологическая и мировоззренческая, обеспечивающие приобщение учащихся к общечеловеческой культуре через знакомство с наиболее полными проявлениями. Это в свою очередь вносит определенный вклад в формирование мировоззрения учащихся. В результате возникает и развивается интерес учащихся к традициям культуры и науки за счет осознания себя в их контексте, определяются направления ценностной ориентации учащихся, а это непосредственно влияет на их культурологическую компетентность.

2. Интеграционная, содействующая расширению кругозора учащихся, привлечению к изучению химии знаний, полученных при освоении предметов как естественнонаучного, так и гуманитарного цикла. При этом грамотное использование межпредметных связей обеспечивает суще-

ственные преимущества: позволяет избегать дублирования информации в учебном процессе, повышает возможности применения ранее сформированных знаний в новых ситуациях.

3. Методологическая, связанная с тем, что учащиеся знакомятся с ведущими методами науки. На химии они выявляют общие пути развития различных областей естественнонаучного и гуманитарного знания. Знакомство с методами науки через изучение научной деятельности и жизненного пути выдающихся ученых способствует их «очеловечиванию», приобщая учащихся к лаборатории творчества.

4. Воспитательная, осуществляющаяся через ознакомление школьников с самоотверженным трудом ученых-химиков, художников, писателей, включением в спектр личностных ценностей знания, исторических корней развития науки и культуры.

5. Активизация познавательной деятельности и самостоятельности учащихся достигается за счет повышения интереса к предмету, возможностями обращения к несложным текстам по истории развития научного знания, вкладе в него известных ученых, влиянии личностей ученых и окружающей их социокультурной обстановки на развитие науки.

6. Повышение эмоциональности и мотивированности обучения. Эта функция связана с тем, что систематическое включение материала по истории химии оказывает существенное влияние на эмоциональную сферу личности учащегося при условии красочной и личностно выраженной учителем информации. При этом учащиеся не только осознают причину своего эмоционального переживания, но и приобретают ощущение собственной причастности с обществом, его историей и культурой через предмет химии. При этом процессы внимания, запоминания, осмысления на фоне глубоких эмоциональных переживаний ученика протекают интенсивнее, с большим эффектом в достижении поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережнова, Е. В. Основы учебно-исследовательской деятельности студентов / Е. В. Бережнова, В. В. Краевский. – М. : Академия, 2005. – 165 с.

2. Евсеева, Я. В. Организация проектной деятельности учащихся СПО по экономическим дисциплинам / Я. В. Евсеева // Молодой ученый. – 2015. – № 13. – С. 629–632.

[К содержанию](#)

УДК 539+54

А. И. СЕРЫЙ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

О РАЗНОВИДНОСТЯХ МЕЖАТОМНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

На сегодняшний день известен ряд разновидностей межатомного взаимодействия (МВ) [1, с. 78], сочетание которых в каждом конкретном случае дает теоретическую основу для объяснения многочисленных химических и физических явлений. В связи с этим представляет интерес сравнительная характеристика типов МВ, оформленная в виде таблиц, составленных с использованием сведений из [1, с. 78–81; 2, с. 392–396; 3, с. 395–400; 4, с. 331–334].

Таблицы могут быть использованы в образовательном процессе при изучении некоторых дисциплин физического и химического профиля.

В таблице 1 сравниваются основные группы разновидностей МВ.

Таблица 1 – Основные группы разновидностей МВ

Группа МВ	Энергия связи, эВ	Примечания
Химические (валентные)	От единиц до десятков	Виды: а) ковалентные (гомополярные); б) обменные (донорно-акцепторные); в) ионные (гетерополярные); г) металлические
МВ некоторых возбужденных атомов	Около 5	1. Приводит к образованию короткоживущих возбужденных (эксимерных) молекул. 2. Иногда носит резонансный характер. 3. Иногда их относят к МВ физического типа
Водородные	Промежуточные значения между валентными и невалентными (ми) МВ	1. Характерны также для межмолекулярных взаимодействий. 2. Играют важную роль в биологических соединениях и многих биохимических процессах. 3. Иногда их относят к МВ физического типа
Физические (невалентные, вандерваальсовы)	От десятых долей до единиц	Виды: а) электростатические взаимодействия мультиполей; б) поляризационные (индукционные и дисперсионные); в) релятивистские магнитные и запаздывающие электромагнитные

В таблице 2 более подробно сравниваются избранные физические МВ. В таблице 3 более подробно сравниваются химические МВ.

Таблица 2 – Разновидности некоторых физических МВ

Характеристика	Ориентационное МВ	Поляризационное индукционное МВ	Поляризационное дисперсионное МВ
Сущность	Взаимодействуют электрические диполи и мультиполи более высоких порядков (роль последних обычно мала); характерно для возбужденных атомов (и молекул)	Возникает при поляризационном смещении электронных оболочек взаимодействующих атомов В основном состоянии только притяжение, в возбужденных возможно и притяжение, и отталкивание	Возникает благодаря флуктуациям электронной плотности, которые объясняются в рамках квантовой механики (Уонг, 1927 г.). Отвечает за притяжение между атомами благородных газов и отталкивание на малых расстояниях
Чем определяется	Значениями дипольных и мультипольных моментов	Для сферически-симметричных систем статическими поляризуемостями атомов	Для сферически-симметричных систем динамическими поляризуемостями или силами осцилляторов квантовых переходов
Потенциал	$V(r) = -\frac{2}{3kT} \frac{d_1^2 d_2^2}{r^6},$ r – расстояние между атомами, T – температура, k – постоянная Больцмана, d_1, d_2 – дипольные моменты атомов	Дебая – Фалькенхагена: $V(r) = -\frac{(\alpha_1 + \alpha_2)d_1 d_2}{r^6}$	Лондона (1930): $V(r) = -\frac{3h\nu_1\nu_2\alpha_1\alpha_2}{2(\nu_1 + \nu_2)r^6},$ ν_1, ν_2 – характеристические частоты возбуждения взаимодействующих атомов. Получается из решения уравнения Шредингера методом теории возмущений

Таблица 3 – Разновидности химических МВ

Характеристика	Ковалентное МВ	Ионное МВ	Металлическое МВ
Сущность	Пара электронов концентрируется и обобществляется на молекулярной орбитали	Валентные электроны смещены от аниона к катиону, между которыми возникает электростатическое притяжение	Обобществленный электронный газ взаимодействует с остовом кристаллической структуры
Характер связей	Направленный, локализованный, насыщенный	Нелокализованный, ненасыщаемый	Нелокализованный, ненасыщаемый, ненаправленный
Примеры проявления	Молекулы неполярные (водород, азот, кислород) и полярные (с донорно-акцепторной связью и электрическим дипольным моментом)	МВ в галогенидах щелочных металлов	МВ в кристаллах металлов и сплавов

Продолжение таблицы 3

Потенциал	Гайтлера – Лондона (1927): $V(r) = \frac{V_0}{m - \alpha r} \left(\frac{\alpha r_0^{m+1}}{r^m} + m \exp(\alpha(r - r_0)) \right),$ $\alpha \sim 0,3 \cdot 10^{-10}$ м, $m = 4$, r_0 и V_0 зависят от конкретных атомов; первое слагаемое связано с притяжением, второе – с отталкиванием	$V(r) = \frac{V_0 n m}{n - m} \left(\frac{1}{n} \left(\frac{r_0}{r} \right)^n - \frac{1}{m} \left(\frac{r_0}{r} \right)^m \right),$ $n = 6-9$, $m = 1$, остальные подгонные параметры зависят от конкретных атомов	$V(r) = -\frac{a}{r} + \frac{b_1}{r^2} + \frac{b_2}{r^3} + b_3,$ a, b_1, b_2, b_3 – подгонные параметры, зависящие от конкретной системы
-----------	--	---	--

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия : в 5 т / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учеб. пособие для вузов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – 3-е изд., перераб. – М. : Наука, 1974. – Т. 3 : Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – 752 с.
3. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов: в 10 т. / Л. Д. Ландау [и др.]. – 3-е изд., испр. – М. : Наука, 1989. – Т. 4 : Квантовая электродинамика. – 728 с.
4. Левич, В. Г. Курс теоретической физики / В. Г. Левич, Ю. А. Вдовин, В. А. Мямлин. – 2-е изд., перераб. – М. : Наука, 1971. – Т. 2 : Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика. – 936 с.

[К содержанию](#)

УДК 539+54

А. И. СЕРЫЙ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

О РАЗНОВИДНОСТЯХ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

На сегодняшний день известен ряд разновидностей межмолекулярного взаимодействия (МВ) [1, с. 88–90], сочетание которых в каждом конкретном примере позволяет теоретически объяснить ряд явлений в химии,

молекулярной физике и квантовой механике. В связи с этим для образовательного процесса может представлять интерес сравнительная характеристика типов МВ, оформленная в виде таблиц, составленных с использованием сведений из [1, с. 88–90; 2, с. 396–397].

В таблице 1 сравниваются основные типы сред с точки зрения существования в них МВ. В таблице 2 рассматриваются типы МВ с точки зрения применимости к ним принципа аддитивности.

Таблица 1 – Классификация сред с точки зрения применимости к ним понятия МВ

Среда	Имеет ли смысл говорить о существовании МВ?	Объяснение
Плотные газы и молекулярные конденсированные тела	Да	В таких средах существуют индивидуальные молекулы
Металлы, ионные кристаллы, их растворы и расплавы	Нет	В таких средах индивидуальных молекул не существует

Таблица 2 – Применимость принципа аддитивности к различным типам МВ

Тип МВ	Можно ли выражать потенциалы МВ аддитивными комбинациями атом-атомных, атом-ионных, ионно-ионных парных потенциалов?
Электростатические	Да, этот принцип применим
Дисперсионные	Этот принцип ограниченно применим
Индукционные, резонансные, обменные	Нет, этот принцип неприменим

В таблице 3 сравниваются системы различной сложности с точки зрения количества параметров в потенциале взаимодействия.

Таблица 3 – Влияние сложности системы на количество параметров в потенциале взаимодействия

Система	Количество параметров, характеризующих потенциал взаимодействия между объектами	Соответствующие задачи с математической точки зрения
Два атома	1 (расстояние между центрами атомов)	Одномерные
Две двух-атомные молекулы	6 (расстояние между центрами молекул; два угла между осями молекул и линией, соединяющей их центры; угол между плоскостями, в которых лежат линия центров и каждая молекула; два межъядерных расстояния молекул)	Многомерные

Продолжение таблицы 3

Две молекулы, состоящие из n_1 и n_2 атомов	$3(n_1 + n_2) - 6$	Многомерные (нахождение глобальных экстремумов среди большого количества локальных, связанных с перемещением и деформацией молекул)
---	--------------------	---

Таблица 4 – Сравнение основных характеристик межатомного и межмолекулярного взаимодействий

Характеристики	Межатомное взаимодействие (химическое)	МВ (физическое – водородные связи и силы Ван-дер-Ваальса)
Структуры, образующиеся за счет связей	Молекулы	Кластеры и полимеры (в жидкостях и газах), цепочки, сетки и сверхрешетки (в молекулярных кристаллах)
Расстояния, до которых наблюдается отталкивание	До $1,6 \cdot 10^{-10}$ м	До $3 \cdot 10^{-10}$ м
Минимум потенциальной энергии	Ниже -10 эВ на расстоянии менее $2 \cdot 10^{-10}$ м	Около -1 эВ на расстоянии около $3,5 \cdot 10^{-10}$ м
Притяжение ослабевает почти до нуля	На расстоянии более $2 \cdot 10^{-10}$ м	На расстоянии менее $4,5 \cdot 10^{-10}$ м

Таблица 5 – Сравнение потенциалов Леннарда – Джонса и дисперсионного взаимодействия

Характеристика	Потенциал Леннарда – Джонса	Потенциал дисперсионного взаимодействия
Как выводится?	Через разложение анизотропного потенциала по полиномам Лежандра $P_n(\cos \gamma)$ с последующим оставлением четных компонентов для первых двух слагаемых	Во втором приближении теории возмущений
Что описывает?	Анизотропное МВ	Взаимодействие двух параллельных цепных молекул
Выражение	$U(r, \gamma) = U_0(r)P_0(\cos \gamma) + U_2(r) \times P_2(\cos \gamma)$, $U_0(r) = E_0 \left((r_0/r)^{12} - 2(r_0/r)^6 \right)$, $U_2(r) = E_0 \left(b_2 (r_0/r)^{12} - a_2 (r_0/r)^6 \right)$	$U(r) = -C/r^6$

Продолжение таблицы 5

Пояснение значений параметров	E_0, r_0, a_2, b_2 – оптимальные подгонные параметры; γ – угол между осью первой молекулы и линией, соединяющей центры первой и второй молекул; r – расстояние между центрами	C – константа, зависящая от средней поляризуемости связи и от распределения электронных координат связи; r – расстояние между молекулами
Примеры для конкретных систем	Для $Ar-N_2$ $r_0 = 3,93 \cdot 10^{-10}$ м, $E_0 = 0,0103$ эВ, $a_2 = 0,26$, $b_2 = 0,5$	$C = 1,34 \cdot 10^3$ ккал/(моль·ангстрем ⁶) для двух структурных единиц CH_2

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия : в 5 т / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1990. – Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. – 592 с.

[К содержанию](#)

УДК 372.854+549

А. С. СОКОЛОВ

Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ

Межпредметные связи давно рассматриваются как важнейший актуальный принцип обучения в школе как позволяющий глубже понимать законы природы и единство происходящих в природе и обществе процессов, различные аспекты которых изучаются в рамках отдельных дисциплин. Отмечается, что школьный курс химии может быть связан не только с другими естественнонаучными дисциплинами, но даже и с общественными, например, историей [1]. Тем не менее важнейшими из межпредметных связей в химии следует считать связи именно с естественными науками: биологией, физикой, географией. Среди тематических разделов географии важнейшие связи с химией имеют учение о литосфере и эволюция географической оболочки Земли.

Например, одним из наиболее распространенных в земной коре химических элементов (4-е место среди всех элементов, 2-е среди металлов) является железо. Минералы железа образовывались на Земле в разное время, причем на различных этапах эволюции Земли образовывались разные минералы. В первичной бескислородной атмосфере образовывались такие минералы, как пирит и марказит, имеющие одинаковую формулу, но различные формы кристаллов (рисунок), обусловленные различными кристаллографическими свойствами. На границе архея протерозоя в атмосфере и гидросфере появился и стал накапливаться свободный кислород, активно окисляющий металлы, вследствие чего стали образовываться оксиды железа – гематит и магнетит (основные компоненты железных руд). Именно в это время в морских бассейнах образовалось большинство железных руд на Земле. Их составляет в основном горная порода джеспилит, внешний вид которой (рисунок) показывает, что процесс образования минералов железа был циклический – при возрастании биомассы выделявших кислород бактерий образовывался темный гематит-магнетитовый слой, а при ее существенном уменьшении осаждался один лишь кварцевый песок, формируя соответствующий светлый слой.

Значительно позже, уже в мезозое, пирит мог замещать ткани скелета отмерших и захороненных в бескислородных условиях на морском дне живых организмов того времени (например, аммонитов) (рисунок), благодаря чему мы можем находить и изучать эти организмы.



пирит FeS_2



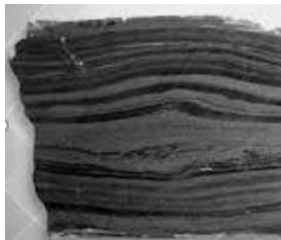
марказит FeS_2



магнетит $FeO \cdot Fe_2O_3$



гематит Fe_2O_3



джеспилит



*аммонит
пиритизированный*

Рисунок – Формы существования железа в литосфере

Большинство наиболее распространенных минералов в литосфере представляют собой соли неорганических кислот – сульфаты, сульфиды, хлориды, фториды, фосфаты, нитраты, карбонаты, силикаты, которые изучаются в школьном курсе неорганической химии, а также оксиды и гидроксиды.

Сульфат кальция может существовать в форме гидрата $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – гипса и его разновидностей: волокнистой (селенит), зернистой (алебастр) и в виде сростков линзовидных кристаллов, напоминающих по форме цветков розы («пустынная роза») либо в безводной форме – ангидрит.

Карбонат кальция существует в виде распространенных минералов кальцита и арагонита. Интересной разновидностью кальцита является исландский шпат, имеющий совершенную спайность (т. е. при раскалывании молотком раскалываются на кристаллы правильной геометрической формы), а также хорошо выраженное двойное лучепреломление. Арагонит представляет собой естественный полиморф, т. е. может состоять из призматических, столбчатых, таблитчатых, игольчатых и копьевидных кристаллов, нередко двойниковых, различного цвета и радиально-лучистых, шестоватых, волокнистых, тонкозернистых агрегатов. Кальцит также является породообразующим минералом для таких горных пород, как известняк, мел, мергель, целиком слагает мрамор. Из других распространенных в природе карбонатов можно назвать карбонат меди (зеленый малахит и синий азурит), марганца (розовый родохрозит), свинца (белый церуссит), железа (коричневый сидерит).

Хлорид натрия (минерал галит) и хлорид калия (сильвин) совместно образуют горную породу сильвинит, добываемую на Старобинском месторождении в Солигорске. Бишофит – водный хлорид магния – продается в аптеках как морская соль. Он обладает интересным свойством на воздухе очень быстро впитывать воду и «расплываться» на глазах.

Из фосфатов наиболее известны такие минералы, как апатит (фосфат кальция) и бирюза (фосфат меди и алюминия), из оксидов – кварц (оксид кремния) и его многочисленные разновидности (горный хрусталь, лимонит, раухтопаз, розовый кварц, агат, морион, оникс, опал и т. д.), а также корунд (оксид алюминия) с наивысшей после алмаза твердостью, из гидроксидов – гетит (гидроксид железа).

Более 90 % по распространенности в литосфере минералов составляют силикаты. В зависимости от способа сочетания кремнекислородных тетраэдров выделяют различные структурные типы силикатов. Известными примерами силикатов являются асбест, тальк, слюды, серпентин (змеевик), диоптаз, родонит, полевые шпаты (вместе с кварцем – главные компоненты обычного песка), гранаты, лабрадор, лазурит, топаз и т. д.

Отличие минералов от горных пород можно проследить либо визуально (в граните, например, хорошо различимы под лупой кварц, слюды и полевые шпаты), либо по другим признакам, например, различной растворимости слагающих минералов. Так, в известковистых доломитах доломит и кальцит растворяются с разной быстротой в зависимости от их количественного соотношения в породе и скорости движения воды [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акбарова, М. М. Особенности использования исторического материала по «бытовой химии» в школьном курсе химии / М. М. Акбарова, С. А. Расулов // Инновации в преподавании химии : сб. науч. и науч.-метод. тр. V Междунар. науч.-практ. конф., Казань, 27–28 марта 2014 г. / под ред. С. И. Гильманшиной. – Казань : Казан. ун-т, 2014. – С. 10–14.

2. Роль и место геологических коллекций в организации факультативных занятий по учебному предмету «Химия» в учреждениях общего среднего образования Республики Беларусь / С. В. Чубаро [и др.] // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 3 (104). – С. 112–119.

[К содержанию](#)

УДК 372.854

N. S. STUPEN, V. V. KOVALENKO

Belarus, Brest, Brest State A. S. Pushkin University

METHODOLOGICAL ASPECTS OF INTERACTIVE TEACHING DISCIPLINES «GENERAL CHEMISTRY» AND «CHEMISTRY OF ELEMENTS»

The Natural Sciences Faculty of the Brest State A. S. Pushkin University trains the teachers of biology and chemistry (specialty 1-02 04 01 (Biology and chemistry) on two-level system of higher professional education. The disciplines of the chemical cycle for the students of this specialty are major. The curricula and programs on disciplines of the chemical cycle as well as the system of interactive teaching are aimed at the formation of students' special competence as a chemistry teacher.

In our opinion, the main principles ensuring effective organization of learning are:

– the methodological system of individualization of chemistry training based on the use of interactive methods of training taking into account the smooth transition from school knowledge to chemical scientific concepts;

– the methodological support of disciplines, including developed and published in view of requirements of adaptive system of training, courses of lectures, methodical manuals on separate most difficult for perception themes, electronic manuals, educational-methodical complexes [1; 2].

To implement these principles in teaching «General Chemistry» and «Chemistry of Elements» in the first year, the following tasks must be solved:

– to fill in and correct the chemical knowledge of the students received at school;

– to minimize the increase in the intensity of the study material;

– to form stable cognitive interest to the subject;

– to integrate chemistry in a system of natural-science knowledge for the formation of the chemical picture of the world, as a part of the natural-science picture.

To develop the concept of interactive teaching of these disciplines, it is necessary to develop content modules of subject chemical competence.

We have identified the following content modules of the subject chemical competence: «Chemical element», «Simple substance», «Complex substance», «Chemical experiment», «Mathematical calculations» [1; 2]. On the basis of the selected content modules you can trace the features of interactive technologies in teaching «General Chemistry» and «Chemistry of Elements».

Methodology of interactive teaching of chemical disciplines is presented as a stage process reflecting the levels of formation of special professional competencies and stages of activity of subjects of interactive teaching [3]. Each stage has its own specific objectives, methods and forms of learning, some of them are considered on the example of teaching «General Chemistry» and «Chemistry of Elements».

I. Level of familiarization.

II. Level of mastering of knowledge, skills.

III. Level of mastering competences.

Each level includes stages: orientation-motivational stage, operational-executive stage, the reflexive-assessment stage.

At the first level (level of mastering of knowledge, skills) interactive lectures, practical and laboratory classes have their own characteristics.

1. *Orientation-motivational stage.* An interactive introductory lecture maintains a predominantly monological style of communication between the instructor and the audience, but there are elements of dialogue (students may express doubts during the lecture, ask and answer from their seats). For example, an introductory lecture on «General Chemistry» may include interesting historical material on alchemy and may be accompanied by spectacular «magic» demonstration experiments. Students may be invited to demonstrate this or that experience (using their school knowledge and skills).

One of the main tasks of such a lecture is to fascinate students with the discipline, to show the connection with the life activity of each of them.

At the interactive practical lessons at the familiarization stage the method of collective solution of training tasks based on the analysis of specific (known) situations under the direct supervision of the teacher is used. Similar problems constitute homework.

A laboratory experiment at the first stage of interactive teaching is carried out by demonstration and begins with a discussion of the general requirements for its safe conduct, predicting the reasons for possible difficulties and failures in its successful implementation, identifying the algorithm of activity. For example, at the first laboratory classes on «General Chemistry» the teacher demonstrates the basic skills of the correct performance of elementary acts of chemical experiment: heating, filtration, obtaining gases by various means, introduces the work of Kipp apparatus, the correct operation of electronic scales when weighing chemical reagents.

Laboratory practice of the discipline «Chemistry of elements» begins with laboratory work «Hydrogen, production, properties». This work is combined with further safety work with hydrogen and the application of working skills with reagents obtained during the study of general chemistry.

2. Operational-executive stage. The goal is formation of special professional competences at the level of knowledge and understanding, implementation of standard laboratory procedures according to the sample. Methods of organizing interactive cognitive and practical activities of the student at this stage are implemented in the form of an interactive introductory lecture to study new material and interactive practical-laboratory classes.

An interactive introductory lecture on learning new material maintains predominantly monological style of communication between the teacher and the audience, combined with elements of dialogue. For example, lectures on «Structure of the Atoms», «Covalent Bonding», «Solutions» can easily be combined with a monologue of the lecturer and a dialogue with the students, since these topics are familiar to students from the school curriculum at the introductory level.

At this stage in the interactive practical lessons the leading method is the method of solving training tasks based on the analysis of concrete (known) situations.

The laboratory educational experiment at this stage is carried out first demonstratively, and then by all students under the direct supervision of the teacher. Conducting the experiment begins with a discussion of the general requirements for its safe conduct, predicting the reasons for possible difficulties. For example, the experiment «Obtaining oxygen by thermal decomposition of potassium chlorate». It is advisable to demonstrate this experiment, pointing out the difficulty and safety of working with potassium chlorate.

3. *The reflexive-assessment stage* corresponds to the identification of difficulties in the development of the content of training, assessment of the significance of the acquired knowledge skills for the further development of professional competence. For this purpose we use methods of reflexive analysis of the process and result of audited and extracurricular work.

II. Level of mastering of knowledge, skills.

1. *Orientation-motivational stage*. Methods of development of personal educational environment of a student and methods of creating positive motivation in classroom and out-of-classroom forms of individual and group activities are used. At this stage the work is performed according to the teacher's concrete task and, as a rule, requires additional sources of information and active interaction both vertically (student-teacher) and horizontally (student-student). As an example, we can present individual assignments to students to collect information in laboratories for water purification, waste recycling, thermal power plants, etc. Students individually or in small groups (2–3 people) collect data, study the work of the laboratories and do statistical processing of data. The results of research are presented in practical classes, scientific student conferences.

2. *Operational-executive stage*. Special competences are developed up to the levels of «application» and «analysis». The development of special practical competences is promoted by the performance of laboratory teaching and research works of partially exploratory character. These are laboratory works, provided by the curriculum, which are based on standard laboratory techniques, but require their modification. For example, in the study of d-elements students are given different samples of alloys and reagents, using which they must determine the qualitative composition of the alloy. The students do not know the result in advance.

3. *Reflexive-evaluation stage*. The following reflexive-evaluation methods are used: analysis of the results of the current control, diagnostics of educational difficulties in the form of colloquiums, protection of the results of laboratory works. During the study of general chemistry we recommend colloquiums on the topics «Structure of the atom and the periodic system of chemical elements», «Chemical bonding and the structure of substances», control works on solving problems on the topics «Solutions, methods of expressing the concentration of solutions», «Solutions of electrolytes».

In the study of the discipline «Chemistry of Elements» we conduct colloquiums on the topics «Characteristics of elements of Group VIIA of the Periodic System», «Characteristics of Elements of Group VIA of the Periodic System», «Characteristics of Elements of Group VA of the Periodic System» (you can use comparative characteristics of elements and their compounds of different groups), «Metals of IA and IIA Groups of the Periodic System», «Characteristics of d- and f-elements».

III. Stage of mastering competences

1. *Orientation-motivation stage*: development of educational environment of learning, its expansion at the expense of external educational environments, development of motivation for self-learning and self-education. Students study more deeply some theoretical and practical aspects of the discipline, using external educational environments: Internet, additional educational and scientific literature, communication with other students and employees of the department, research activities.

An interesting experience is the creation by students of electronic manuals on certain topics of the discipline, which can be course projects. For example, «Scales of Oxidation Degrees of Atoms of Elements» (in the form of the periodic system), «Redox Processes», «Dispersed Systems». From our point of view, it is interesting to offer students to prepare presentations on the chemistry of elements for the differential credit on this discipline.

2. *Operational-executive stage*: a formation of special competencies at the level of synthesis and evaluation. Teaching methods at this stage are characterized by the complication of learning tasks and their solution based on the analysis of specific (unknown) situations. An example of a practical task is the study of corrosion of reinforced concrete products in the presence of chloride ions. This topic can be offered to students when studying the characteristics of silicon compounds or halogens. The task may eventually sound like this: select the content that is accessible to the student's understanding on this topic for elective courses in specialized classes.

3. *Reflexive-evaluation stage* corresponds to the purposes of determination of the valuable and responsible attitude to the content, process and result of training in social, professional, moral and ecological contexts, formation of judgments based on solid knowledge and skills, evaluation of educational achievements in the module subject area. For example, students of scientific circle «Inorganic» investigated the causes of corrosion of complex concrete and iron-bearing compositions. By results of researches, the following laboratory works have been developed: «Determination of environment reaction (water-hydrogen pH index) of water extracts from cement clinker», «Determination of chloride and sulfate ions in multicomponent concrete compositions». These laboratory works are conducted at the training sessions within the framework of the program topics: «The coloring of the indicators in different media. Determination the pH of aqueous solutions of different methods».

Thus, the use of interactive technologies in teaching chemistry to students of chemical and pedagogical specialties is a promising trend in the theory and practice of chemistry education, which requires further development and improvement.

REFERENCE

1. Kovalenko, V. V. Model soderzhaniya predmetnoj ximicheskoy kompetencii (na primere kursa «Obshhaya i neorganicheskaya ximiya» v uchrezhdeniyax vysshego obrazovaniya) / V. V. Kovalenko, N. S. Stupen // Ped. nauka i obrazovanie. – 2019. – № 1 (26). – S. 58–61.

2. Kovalenko, V. V. Formirovanie predmetnoj ximicheskoy kompetencii (na primere temy «E`lementy VIIA gruppy» kursa obshhej i neorganicheskoy ximii) / V. V. Kovalenko, N. S. Stupen // Aktualnye problemy ximicheskogo obrazovaniya v srednej i vysshej shkole : sb. nauchnyx statej / Viteb. Gos. un-t ; redkol.: I. M. Prishhepa (gl. red.) [i dr.] ; pod red. Prof. E. Ya. Arshanskogo. – Vitebsk : VGU im. P. M. Masherova, 2018. – S. 233–235.

3. Gavronskaya, Yu. Yu. Interaktivnoe obuchenie ximicheskimi disciplinam kak sredstvo formirovaniya professionalnoj kompetentnosti studentov pedagogicheskix vuzov : dis. ... d-ra ped. nauk / Yu. Yu. Gavronskaya ; Ros. gos. ped. un-t im. A. I. Gercena. – SPb., 2008. – 434 l.

[К содержанию](#)

УДК [66+574](07):061.3(042.3)

Э. А. ТУР, В. А. ГРОМАДА, И. С. НИКОЛАЙЧИК
Беларусь, Брест, БрГТУ

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЯСА И КОЛБАСНЫХ
ИЗДЕЛИЙ, РЕАЛИЗУЕМЫХ В ТОРГОВОЙ СЕТИ Г. БРЕСТА,
В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ»**

В учреждении образования «Брестский государственный технический университет» студенты машиностроительного факультета обучаются по специальности «Машины и аппараты пищевых производств». На втором курсе (4-й учебный семестр) они изучают дисциплину «Технологии переработки животного сырья». Данная дисциплина является одной из основных профильных. К этому моменту студентами освоен учебный материал дисциплин «Химия», «Основы экологии», «Процессы и аппараты пищевых производств» и «Безопасность жизнедеятельности человека», который служит фундаментом для понимания закономерностей и особенностей пищевых технологий. В основе получения и хранения пищевых продуктов и сырья для их производства лежат физико-химические и химические процессы, понимание и раскрытие которых базируется на фундаментальных законах химии и экологии [1; 2].

Мясо и мясные продукты содержат комплекс весьма ценных питательных веществ. Они являются основным поставщиком белков, поскольку содержат жизненно необходимые для построения тканей организма человека аминокислоты, которые удачно сбалансированы и обеспечивают полный синтез тканевых белков. Находящиеся в мясе жиры обуславливают высокую энергетическую ценность мясных продуктов, участвуют в образовании их аромата и вкуса и содержат в достаточном количестве полиненасыщенные жирные кислоты [1]. Человек получает с мясом и мясными продуктами все необходимые ему минеральные вещества. Особенно богата мясная пища фосфором, серой, железом, натрием, калием. Кроме того, в мясе содержатся микроэлементы: медь, кобальт, цинк, йод. Входящие в состав мяса компоненты служат исходным материалом для построения тканей, биосинтеза необходимых систем, регулирующих жизнедеятельность организма, а также для покрытия энергетических затрат [3].

Мясо и продукты, изготовленные на его основе, относятся к категории наиболее ценных продуктов питания, поэтому очень важно не только максимально сохранить первоначальные свойства мяса, но и улучшить их в процессе технологической обработки. Мясо и мясопродукты всех видов, поступающие на реализацию, должны быть свежими. Свежесть определяют путем органолептического, химического, микроскопического и гистологического исследований [3–5]. Сложность состава и многообразие свойств мяса и мясопродуктов определяют необходимостью использования комплекса методов анализа для объективной и всесторонней оценки качества.

Колбасные изделия по своему химическому составу представляют ценный пищевой продукт, являющийся одним из существенных источников белка в питании человека. Химический состав различных колбасных изделий определяется рецептурой и способами технологической обработки. Качественный состав белков, жиров, углеводов в колбасных изделиях аналогичен мясу животных, из которого изготовлены колбасы [4].

Целью проведенных исследований являлось изучение органолептических, физико-химических показателей мясных продуктов, а также определение их свежести. Анализ образцов выполнялся по стандартным методикам выполнения измерений, допущенных к применению в Республике Беларусь [2].

Доброкачественность мяса и мясных товаров определяют органолептически. Органолептические методы предусматривают определение внешнего вида и цвета, консистенции, запаха, состояния жира и сухожилий, прозрачности и аромата бульона. Доброкачественность колбасных изделий также определяют органолептически. Отобранные для анализа образцы колбасы тщательно осматривают. При этом отмечают все дефекты оболочки,

ее состояние, цвет, плотность набивки фарша. Запах и вкус колбасных изделий – специфические для каждого их вида [3–5].

К физико-химическим методам исследования мяса, фарша и колбасных изделий относят: пробу на редуктазу, пробу на сероводород, пробу Андриевского на определение вязкости экстракта, пробу Несслера на связанный аммиак, реакцию на пероксидазу, определение аминок-аммиачного азота, определение величины рН водной вытяжки измельченных колбас потенциометрическим методом, определение массовой доли влаги в колбасе, качественную реакцию на крахмал, определение наполнителя (хлеба, каши, картофеля) в колбасных изделиях.

На исследования были представлены филе куриное охлажденное, фарш мясной «Брестский» охлажденный, а также продукты переработки мяса: колбасы вареные «Свиная», «Для оливье», «Молочная», «Докторская»; колбасы варено-копченые: салями «Баварская новая», «Сервелат венгерский», «Ясельда Про», закупленные в супермаркете «Алми», расположенном по ул. Московской в г. Бресте.

Результаты исследований приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Результаты исследований куриного филе и мясного фарша

Показатель	Куриное филе охлажденное	Фарш мясной «Брестский»
Органолептические показатели		
Внешний вид	Характерный свежему мясу, поверхность разреза влажная, мясной сок прозрачный	Характерный свежему мясу, дробное мясо со шпиготом, пропорциональное соотношение
Цвет	Нежно розовый	Темно-розовый с белыми пятнами
Консистенция	Эластичная	Перекрученного мяса, рыхлая, мясно-сальная
Запах	Характерный для свежего мяса	
Состояние жира и сухожилий	Жир отсутствует	Жир равномерно распространен по всей массе, сухожилия отсутствуют
Физико-химические показатели		
рН	5,0	6,0
Проба на сероводород	Свежее	Отсутствие изменения окраски – отрицательная
Проба Несслера	Свежее	Несвежий
Проба Андриевского	Свежее	Несвежий
Реакция на пероксидазу	Вытяжка сразу же окрашивается в сине-зеленый цвет, следовательно, реакция положительная, животное было убито здоровым	
Реакция на редуктазу	Свежее	Мясо несвежее, так как синяя окраска раствора исчезла в течение 30 минут

Таблица 2 – Результаты исследования вареных колбас

Показатель	«Свиная» первый сорт	«Докторская» высший сорт	«Для оливье» первый сорт	«Молочная» высший сорт
Органолептические показатели				
Внешний вид	Сухая, чистая поверхность, оболочка плотно прилегает к фаршу. Оболочка целая, без дефектов; липкость отсутствует			
Цвет	Равномерный, розовый, сало отсутствует			
Консистенция	Плотная, сочная, одинаковая, как на периферии, так и на толще батона, фарш набит равномерно, пустот не наблюдается; срез влажный			
Запах	Присущий запаху вареной колбасы, не имеет прогорклого, рыбного запаха			
Вкус	Присущий вареной колбасе, не кислый			
Физико-химические показатели				
рН водной вытяжки	7,1	7	6,1	6,9
Массовая доля влаги	37 %	27,6 %	38,8 %	30 %
Крахмал	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Проба на редуктазу	Свежая	Свежая	Свежая	Свежесть сомнительная
рН колбасы	5	6	5	6
Физико-химические показатели				
Проба Андриевского	Свежая	Свежая	Свежая	Несвежая
Проба Несслера	Свежая	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Пероксидаза	Свежая	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Амино-аммиачный азот	Свежая	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Определение наполнителей	Нет	Присутствует каша	Присутствует хлеб	Присутствует каша

Таблица 3 – Результаты исследования варено-копченых колбас

Показатель	Салями «Баварская новая»	Сервелат «Венгерский»	Салями «Ясельда Про»
Органолептические показатели			
Внешний вид	Сухая, чистая; с поверхности оболочка плотно прилегает к фаршу. Оболочка целая, без дефектов; липкость отсутствует		
Цвет	Темно-розовый, с темными вкраплениями, небольшие кусочки сала	Темно-розовый, с кусочками сала	Темно розовый, с кусочками сала
Консистенция	Срез влажный, фарш набит равномерно, пустот не наблюдается, вкрапления сала		

Продолжение таблицы 3

Запах	Мягкий, мясной, не имеет прогорклого, рыбного запаха		
Вкус	Присущ варено-копченой колбасе, не кислый		
Физико-химические показатели			
рН водной вытяжки	6,8	6,7	6,4
Массовая доля влаги	39,8 %	36,8 %	33,5 %
Крахмал	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Проба на редуктазу	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
рН колбасы	8	8	6
Проба Андриевского	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Проба Нesslerа	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Пероксидаза	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Амино-аммиачный азот	Свежесть сомнительная	Свежая	Свежесть сомнительная
Определение наполнителей	Присутствует хлеб	Примесей нет	Примесей нет

В результате исследования по совокупности органолептических и физико-химических показателей было определено, что филе куриное охлажденное является свежим, фарш мясной имеет сомнительную свежесть. Из семи видов исследованных колбас не вызывают сомнений по качеству и свежести вареная колбаса «Для оливье» первый сорт, колбаса вареная «Свиная» первый сорт, колбаса варено-копченая «Сервелат венгерский» высший сорт. Ряд колбас и мясной фарш имеют подозрительную свежесть, причем не по органолептическим, а по физико-химическим показателям. Отмечено, что в некоторых колбасных изделиях присутствуют посторонние примеси (хлеб или каша), которых быть не должно (не указаны в составе продукта на оболочке или этикетке).

Таким образом, для поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия следует избирательно подходить к выбору продуктов питания, в особенности мяса и колбасных изделий [6].

Исследования, проводимые студентами на лабораторных занятиях, при изучении дисциплины «Технологии переработки животного сырья», помогают закрепить лекционный материал, позволяют приобрести навыки самостоятельной исследовательской работы и обработки результатов эксперимента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потороко, И. Ю. Товароведение и экспертиза мяса и мясных продуктов : учеб. пособие / И. Ю. Потороко. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 76 с.
2. Шаршунов, В. А. Технологическое оборудование мясоперерабатывающих предприятий : пособие / В. А. Шаршунов, И. М. Кирик. – Минск : Мисанта, 2012. – 983 с.
3. 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.
4. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / А. А. Виноградова [и др.] ; под ред. Л. П. Ковальской. – М. : Агропромиздат, 1991. – 335 с.
5. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 570 с.
6. Технология мяса и мясных продуктов / Н. Н. Мороз [и др.]. – Элиста : Калмыц. гос. ун-т им. Б. Б. Городовикова, 2017. – 128 с.

[К содержанию](#)

УДК [66+574](07):061.3(042.3)

Э. А. ТУР, Т. С. ФЕДУК, А. Е. МИХНО

Беларусь, Брест, БрГТУ

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МОЛОКА, РЕАЛИЗУЕМОГО
В ТОРГОВОЙ СЕТИ Г. БРЕСТА, В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ»**

Хорошее здоровье – показатель качества жизни современного человека и стремление к нему должно быть первостепенной задачей. Улучшение здоровья населения, предупреждение хронических заболеваний уменьшает расходы, связанные с оказанием медицинской помощи и с экономическим ущербом вследствие потери трудоспособности. Признано, что фактор питания является важнейшим фактором, определяющим здоровье человека. Правильное, здоровое питание сохраняет здоровье человека и предупреждает появление заболеваний, зависящих от питания. Питание должно удовлетворять не только физиологические потребности организма человека в пищевых веществах и энергии, но и соответствовать требованиям санитарных норм и правил по допустимому содержанию химических веществ и микроорганизмов, быть безопасным [1].

Мясомолочный комплекс Республики Беларусь занимает важнейшее место в отечественной индустрии производства продуктов питания. Современная промышленная переработка молока представляет собой сложный комплекс последовательно выполняемых взаимосвязанных химических, физико-химических, микробиологических, биохимических, биотехнологических, теплофизических и других трудоемких и специфических технологических процессов [2].

Актуальной задачей молочной промышленности на современном этапе является увеличение производства молочных продуктов высокого качества. Главным направлением ее развития должны стать интенсификация производства, рациональное использование молока, совершенствование ассортимента молочной продукции за счет увеличения выпуска продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, обогащенных белковыми, витаминными и растительными компонентами. Пищевая и биологическая ценность молока заключается в оптимальной сбалансированности его компонентов, легкой усвояемости (на 95–98 %) и высокой используемости всех необходимых для организма пластических и энергетических веществ. Молоко содержит все необходимые организму пищевые вещества, поэтому молоко и молочные продукты незаменимы в питании больных, детей и лиц пожилого возраста. В нем содержатся полноценные белки, жиры, витамины, минеральные соли. Всего в молоке обнаружено около 100 биологически важных веществ. Включение молока и молочных продуктов в пищевую рацион улучшает сбалансированность аминокислотного состава белков всего рациона и значительно повышает снабжение организма кальцием [1; 2].

Сырьем в молочной промышленности являются цельное молоко и отдельные его компоненты, в частности жир, белок, казеин, лактоза.

Важную роль в решении проблем молочной промышленности имеет раздел «Технология молока и молочных продуктов», рассматриваемый при изучении дисциплины «Технологии переработки животного сырья» студентами специальности «Машины и аппараты пищевых производств». Целью преподавания данной дисциплины является приобретение студентами знаний и навыков по совокупности средств, приемов и способов переработки различного животного сырья, в том числе молока, необходимых для производственно-технологической деятельности по своей специальности.

Большое практическое значение в процессе подготовки высококвалифицированных специалистов по специальности «Машины и аппараты пищевых производств» имеет изучение лабораторного практикума по технологии молока и молочных продуктов. На кафедре инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный технический университет» создана и успешно функционирует учебная лаборатория для изучения

органолептических и физико-химических показателей различных пищевых продуктов, а также растительного и животного сырья для студентов специальности «Машины и аппараты пищевых производств».

Методика построения лабораторной работы по технологии молока включает следующие компоненты: цель работы, теоретическая часть, практическая часть с изложением подробной методики эксперимента, лабораторный отчет (таблицы, графики, выводы, написание экспертного заключения по качеству продуктов), контрольные вопросы. Студенты, как правило, интересуются тематикой лабораторных работ, задают большое количество вопросов, а также сами приносят на анализ интересующие их пищевые молочные продукты.

Первый этап исследования молока включает определение следующих органолептических показателей: внешний вид, цвет, консистенция, запах и вкус. Например, кисловатый запах указывает на начавшееся скисание. При развитии гнилостных бактерий молоко приобретает запах аммиака, сероводорода и др. В случае неправильного хранения или транспортировки молоко может воспринимать посторонние запахи (керосина, мыла, рыбы, нефти, духов и др.). Наличие различных привкусов у молока – горького, соленого, вяжущего, рыбного – обуславливается кормом животного, его болезнью, посторонними примесями, неправильным сбором и хранением молока (вкус доброкачественного молока слегка сладковатый) [3–6].

Вторым этапом исследования является определение физико-химических показателей молока. В первую очередь определяют следующие показатели: степень чистоты молока (в молоко при его получении, транспортировке и хранении могут попасть покровный волос с животного, частицы корма, подстилки, пыли, а с ними и микроорганизмы, а загрязненное молоко быстро портится), кислотность, плотность. По кислотности молока можно судить о его свежести и натуральности. Парное молоко обладает бактерицидными свойствами, имеет амфотерную реакцию на лакмус. Через некоторое время в молоке начинают развиваться микроорганизмы, прежде всего молочнокислые бактерии, которые сбраживают молочный сахар и образуют молочную кислоту. Кислотность свежего молока колеблется в пределах 16–18 °Т. Кислотность несвежего молока – 23 °Т и выше. Кислотность разбавленного молока или содержащего соду – ниже 16 °Т. В теплое время года молоко должно иметь кислотность не выше 20 °Т, в холодное – до 22 °Т. Кислотность молока понижается при его разбавлении водой, при добавлении соды и при некоторых заболеваниях животных. Плотность молока – это масса единицы объема молока (кг/м³) при 20 °С. Этот показатель имеет важное значение при оценке качества молока, так как характеризует соотношение всех находящихся в нем веществ, из которых белки, углеводы и соли повышают плотность, а жир

снижает ее. При температуре 20 °С плотность молока колеблется в пределах от 1028 до 1034 кг/м³. В среднем плотность сборного коровьего молока при температуре 20 °С равна 1030 кг/м³. Плотность является одним из показателей натуральности молока. При разведении водой плотность его уменьшается [3–6].

Далее проводят опыты по определению белка, содержанию жира, аммиака, определяют качество термической обработки молока, выделяют казеин и молочный сахар, проводят пробу на редуктазу, вычисляют сухой остаток. Проба на редуктазу очень важна, так как этот фермент появляется в молоке при размножении бактерий, являясь продуктом их жизнедеятельности. Чем больше в молоке микроорганизмов, тем быстрее происходит обесцвечивание метиленовой синьки, добавленной в молоко [3; 4].

Заключительным этапом лабораторных исследований является определение фальсификации молока. Для выявления возможной фальсификации проводят тесты на содержание соды (соду добавляют в молоко для того, чтобы скрыть его повышенную кислотность; нейтрализуя молочную кислоту, сода не задерживает развития гнилостных микроорганизмов и способствует разрушению витамина С; такое молоко не пригодно для употребления в пищу), крахмала (крахмал или муку добавляют в молоко, чтобы придать ему более густую консистенцию после разбавления водой), пероксида водорода и нитратов [3–6].

Целью данных экспериментальных исследований являлось изучение органолептических и физико-химических показателей молока, реализуемого в торговой сети г. Бреста, определение свежести и отсутствия (или присутствия) фальсификации исследованных образцов молока. На исследования были представлены 12 образцов молока, реализуемого в торговой сети г. Бреста. Исследованы образцы молока различной жирности и с различной термической обработкой (пастеризованное, стерилизованное, ультрапастеризованное). Наименования объектов исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объекты исследования

№ п/п	Наименование объекта исследования
1	ОАО «Молочные горки», молоко цельное ультрапастеризованное
2	ОАО Минский молочный завод № 1 «Славянские традиции», молоко цельное ультрапастеризованное
3	ОАО «Молочные горки», молоко цельное
4	Государственное предприятие «Молочный гостинец», молоко отборное
5	ОАО «Молочный мир», молоко пастеризованное
6	ОАО Молочные горки, молоко цельное ультрапастеризованное
7	ООО Несвижский завод детского питания, молоко стерилизованное
8	ООО Данон, Пружаны «Простоквашино», молоко пастеризованное

Продолжение таблицы 1

9	Молочный мир «Твоя кружка», молоко пастеризованное
10	«Бабушкина Крынка», молоко пастеризованное
11	ОАО «Остромечевские просторы», молоко питьевое пастеризованное
12	ООО Данон Пружаны «Простоквашино, молоко стерилизованное

Согласно результатам исследования, все органолептические и физико-химические показатели соответствуют требованиям стандарта [6]. Определено, что фальсификация во всех пробах молока отсутствует.

При помощи прибора «ЛАКТАН 1-4 МИНИ» для всех исследованных проб молока определяли жирность, СОМО, плотность и содержание влаги. Ни в одном из исследованных образцов влаги не было обнаружено. Жирность молока соответствует заявленной производителем. Фальсификации молока и присутствия воды не обнаружено [5; 6].

Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исследование проб молока на приборе «ЛАКТАН 1-4 МИНИ»

№ п/п	Наименование показателя, определенного на приборе				Вывод
	Жирность, %	СОМО	Влага, %	Плотность, кг/м ³	
1	3,57	8,14	0	1031	Соответствует
2	3,55	8,11	0	1034	Соответствует
3	3,45	8,09	0	1030	Соответствует
4	3,93	8,20	0	1029	Соответствует
5	4,09	8,21	0	1029	Соответствует
6	3,5	8,12	0	1029	Соответствует
7	3,22	8,08	0	1030	Соответствует
8	3,25	8,07	0	1029	Соответствует
9	3,95	8,25	0	1032	Соответствует
10	1,55	8,03	0	1028	Соответствует
11	3,54	8,11	0	1030	Соответствует
12	3,14	8,14	0	1029	Соответствует

По органолептическим и физико-химическим показателям все пробы молока соответствуют требованиям СТБ 1746-2017 «Молоко питьевое. Общие технические условия». Жирность молока соответствует заявленной производителем. Фальсификации молока и присутствия воды не обнаружено. Таким образом, молоко, производимое различными предприятиями Республики Беларусь, реализуемое в торговой сети г. Бреста, является высококачественным продуктом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забашта, Н. Н. Научные основы повышения эффективности производства пищевых продуктов из животного сырья : учеб. пособие / Н. Н. Забашта, А. А. Нестеренко. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 97 с.
2. Шаршунов, В. А. Технологическое оборудование молокоперерабатывающих предприятий : пособие / В. А. Шаршунов. – Минск : Мисанта, 2011. – 599 с.
3. Морозова, Н. И. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов : учеб. пособие / Н. И. Морозова, Ф. А. Мусаев. – Рязань : ФГБОУВПО «РГАТУ», 2015. – 188 с.
4. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов / И. С. Хамагаева [и др.] ; Вост.-Сиб. гос. технол. ун-т. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2000. – 79 с.
5. Молоко коровье сырое. Технические условия : СТБ 1598-2006. – Введ. 31.01.06. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2006. – 13 с.
6. Молоко питьевое. Общие технические условия : СТБ 1746-2017. – Введ. 31.01.17. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 12 с.

[К содержанию](#)

УДК 378.147:54

Л. В. ЧЕРНЫШЕВА

Беларусь, Гомель, БелГУТ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ
ПРИ ОБУЧЕНИИ ХИМИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Образование инженера-строителя по специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» невозможна без подготовки в области химических дисциплин.

Химические дисциплины входят в блок общепрофессиональных дисциплин при подготовке инженера по специальности 1-70 04 03. За сравнительно небольшой период обучения химическим дисциплинам необходимо создать условия, определяющие педагогически обоснованное сочетание сильной фундаментальной подготовки с широтой профессиональных знаний и практических умений.

Сегодня при подготовке будущих инженеров в области химии наблюдаются две противоречивые и в то же время тесно связанные между собой тенденции:

- большое разнообразие форм организации учебно-воспитательного процесса и способов получения информации студентами;

- определенный круг требований к подготовке инженеров, обусловленный производственными потребностями и технологиями.

Поэтому нам, педагогам, обучающим химии будущих инженеров, необходимо не только дать теоретические знания, но и сформировать навыки и умения, необходимые в будущей профессиональной деятельности наших студентов.

С другой стороны, химическая подготовка будущих инженеров начинается с первого курса вуза, а данный период затрагивает период адаптации вчерашних школьников к студенческой жизни. Студенты-первокурсники испытывают ряд затруднений в этот период, а именно:

- недостаточный уровень развития навыков учебной деятельности у первокурсников (неумение составлять конспекты, анализировать и структурировать научный текст);

- трудности, связанные с адаптацией к вузовской системе обучения (переход от классно-урочной к лекционно-практической форме обучения);

- отсутствие умений и навыков самостоятельной работы;

- многие первокурсники не имеют достаточный уровень подготовки по химии, необходимый для успешного изучения химических дисциплин в техническом вузе.

Поэтому при подготовке студентов мы остановились на внедрении интерактивных методов при обучении дисциплинам химического блока.

Интерактивные методы обучения – методы обучения, построенные на активном взаимодействии обучающихся (студентов) с преподавателем, контентом и между собой в процессе обучения.

Интерактивные методы призваны организовать учебный процесс так, чтобы все участники образовательного процесса были бы вовлечены в процесс познания. Главная роль в данном методе отводится взаимодействию студентов между собой и преподавателем, находясь в режиме диалога или беседы с кем-либо [3]. При такой форме обучения изменяется позиция преподавателя. Стратегия активного обучения в роли активного участника образовательного процесса в первую очередь видит студента. Очень важно, чтобы излагали, показывали, доказывали, рассказывали и спрашивали сами студенты, а не только преподаватель.

Следующим важным отличием является организация коммуникации в образовательном процессе. Для этого стали широко использоваться такие формы организации занятий, как тренинги, учебные дискуссии, case-study [1].

Не останавливаясь подробно на всех видах методов интерактивного обучения, расскажем лишь о тех, которые были адаптированы к условиям технического вуза.

Метод «лекция с опорными конспектами». Перед лекцией студенты получают в распечатанном виде основные понятия, формулировки, формулы, графики из материала будущей лекции. В ходе лекции студенты, слушая преподавателя, на специально оставленных полях в распечатке лекции делают пометки, расшифровывают формулировки, записывают определения, обоснования, дополняют лекцию новыми примерами и т. д. [3].

Данный метод очень важен в работе с первокурсниками: он не только позволяет вооружить студентов химическими знаниями, но и формирует навыки работы с научным текстом.

Более сложным является *метод «лекция с процедурой пауз».* Преподаватель заранее разбивает материал лекции на несколько логически завершенных частей. Процедура лекции состоит из нескольких этапов изложения материала и пауз. Также преподаватель продумывает для студентов задания, которые они будут выполнять в паузах между разбором каждой части лекционного материала. На одну часть отводится до 15 минут, на выполнение задания – до 4 минут. В начале лекции преподаватель должен четко изложить порядок проведения лекции.

Такой метод проведения лекции используется к концу первого семестра или во втором семестре, когда студенты уже адаптировались к лекционной форме подачи материала, когда у них сложилась система навыков и умений для самообучения. «Лекции с процедурой пауз» позволяют не только сформировать знания и умения в области химии, но и значительно расширить видение химических процессов в практических аспектах будущей профессии. Подбирая задания, лектор обращается к практическому использованию того или иного химического процесса или закона.

На практических занятиях широко используются учебные дискуссии. Преподаватель в начале занятия формулирует несколько вопросов-ситуаций и дает возможность студентам ознакомиться с различными путями их решения. Управление дискуссией преподавателем носит двойкий характер: создание и поддержание определенного уровня взаимоотношений в группе и одновременно дискуссия, которая должна идти по известному для преподавателя пути, так как преподаватель заранее знает решение рассматриваемой проблемы.

Метод «Case-study». Цель метода – научить студентов анализировать информацию, выявлять ключевые проблемы, выбирать альтернативные пути решения и формулировать программы действий. При использовании данного метода преподаватель, как правило, обращается к анализу ситуаций на основе описания реальных событий. На занятии можно

выделить несколько этапов работы с ситуацией: знакомство с ситуацией, выявление проблем, анализ сильных и слабых сторон рассматриваемой ситуации, формулирование решений, презентация результатов проведенного анализа, обсуждение выступлений и подведение итогов проведенного анализа с участием преподавателя [2].

Использование интерактивных методов позволяет решить не только учебные задачи. Они также способствуют формированию активной образовательной позиции студента, проявляющейся в повышенной мотивации к изучаемой дисциплине, самоуправлению, способности мобильно оперировать способами решения задач и совершать их коррекцию в новых условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнеева, Л. И. Интерактивные методы обучения [Электронный ресурс] / Л. И. Корнеева. – Режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article-n/interaktivnye-metody-obucheniya](https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-metody-obucheniya). – Дата доступа: 12.02.2023.

2. Чернышева, Л. В. Активные методы обучения в преподавании химических дисциплин в медицинском вузе / Л. В. Чернышева // Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции, посвящ. 20-летию Гомел. гос. мед. ун-та, Гомель, 24–25 февр. 2011 г. – Гомель, 2011. – С. 171–173.

3. Шакиров, И. Ш. Интерактивный метод обучения [Электронный ресурс] / И. Ш. Шакиров, Б. А. Калаков. – Режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article-n/interaktivnyy-metod-obucheniya](https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnyy-metod-obucheniya). – Дата доступа: 12.02.2023.

[К содержанию](#)

УДК 378.1

А. А. ШИХАЛОВА

Беларусь, Гомель, ГомГМУ

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ТРУДНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ» КАК СПОСОБ ДОСТИЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Одним из основных достижений современного образовательного процесса является включение в него компетентностного подхода, который позволяет преобразовать систему преподавания учебного материала, его содержания и возможность его оценивания [1]. Данный прием способствует

совершенствованию подачи уже сформированного, на первый взгляд, материала дисциплины.

Химия входит в число основополагающих наук, позволяющих грамотно и точно выстроить дальнейшее образование студентов в сфере медицины. Данный предмет изучается студентами посредством введения ряда основных разделов и тем. Дисциплина «Медицинская химия» сформировалась в результате потребности современного общества в фундаментализации и глобализации изучаемых ранее дисциплин. Сегодня «Медицинская химия» основывается на таких дисциплинах, как биология, общая химия, фармакология и медицина. При изучении данного предмета студенты медицинского университета используют знания, полученные при освоении дисциплин «Медицинская и биологическая физика», «Медицинская биология и общая генетика». В целом образовательный процесс не только стремится к объединению и логической глобализации научных предметов, но и позволяет учащимся построить междисциплинарные связи, что в дальнейшем окажет благоприятное воздействие на их непосредственную профессиональную деятельность.

Еще одним немаловажным пунктом является то, что в совокупность задач, поставленных перед студентами, входит, помимо приобретения ими теоретических сведений, таких как основы современного учения о растворах, диффузионные и осмотические явления, электролитный баланс и т. д., еще и выработка практических навыков – умения интерпретировать результаты физико-химических и лабораторных методов исследования, разрабатывать персонафицированную стратегию лечения.

Кроме представленных выше явных признаков, облегчающих процесс изучения медицинской химии, существуют также индивидуальные вопросы, возникающие в отдельной группе или группах студентов. Решение данного рода затруднений происходит посредством взаимодействия «преподаватель – студент». Именно такого рода вопросы способствуют развитию различных методов преподавания, обсуждения и оценки.

При изучении дисциплины «Медицинская химия» трудными для современных студентов являются такие разделы, как «Химическая термодинамика и энергетика» и «Химическая кинетика и катализ». Для обеспечения доступности восприятия изучаемого материала, а также для роста уровня знаний по данной дисциплине мы применяем ряд методов и подходов, которые и рассмотрим в данной статье.

Прежде всего следует отметить, что, несмотря на внедрение всевозможных инновационных методик в образовательный процесс, нельзя отрицать вклад таких фундаментальных инструментов, как четкая инструкция и организация учебного процесса. От преподавателя, излагающего сложный для восприятия студентов материал, требуется умение

четко и в полном размере восполнить пробелы в знаниях студентов, а также привнести новые сведения в наиболее доступной форме.

Эффективность применения этих методов в современном образовательном процессе обуславливается и ролью обучающегося в качестве активного участника или объекта обучения.

Среди методов активного обучения выделяют три группы: методы проблемного обучения, интерактивного обучения и программированного обучения. Особенностью данных методов является то, что учащийся получает знания и осваивает дисциплину с помощью таких средств, как дискуссия, которая предполагает отсутствие авторитарности мнений и проходит в атмосфере доброжелательности. Таким образом, студент не только приходит к осмысленному восприятию затруднительного материала, но и активно участвует в образовательном процессе. Основной задачей преподавателя является умение вовлечь в обсуждение как можно большее количество учащихся [2].

Так, при разборе раздела «Химическая термодинамика» студентам может быть предложено обсуждение взаимосвязи пройденного ими материала на физических дисциплинах и последующий поиск применения рассматриваемых величин для химических явлений.

Также в качестве подготовки к занятию студентам предлагается разобрать часть материала, которая составляет для них наименьшую сложность. В ходе занятия между учащимися будет произведен обмен знаниями в режиме беседы. Преподаватель в этой ситуации выполняет роль регулирующего и дополняющего компонента. Следует учесть, что часть информации будет изложена самим преподавателем. Для большей мотивации к подготовке и изложению материала студентам может быть предложена система накопления определенного рода баллов, которые не только позволят получить отметку за проделанную работу, но и простимулируют участие в ходе всего занятия.

Немаловажную роль также играют интерактивные методы обучения, которые представляют собой диалоговое общение с человеком или же с компьютером [2]. Организация учебного процесса с помощью интерактивных методов позволяет каждому студенту быть вовлеченным, а также обеспечивает рефлексии изученного.

Следует отметить, что на сегодняшний день, благодаря высокому проценту вовлечения информационных технологий в образование, преподаватель должен иметь достаточный уровень владения различного рода платформами и другими доступными средствами электронного характера.

Одним из наиболее распространенных и широко применяемых инструментов, предполагающих использование электронных носителей, является тестирование. Тестирование с использованием компьютера

не только позволяет получить более точную оценку, но и исключает момент субъективизации, тем самым способствуя динамичному и результативному процессу образования. Структура теста должна быть такой, чтобы для его решения студент применял полученные знания и осуществлял мыслительную работу.

Таким образом, для минимизации затруднений в освоении дисциплины «Медицинская химия» необходимо прежде всего вовлечение разнообразных методов, способствующих развитию у студентов интереса и активному участию их в получении собственного образования. Кроме того, следует отметить, что наряду с учащимися должен происходить процесс постоянного развития и совершенствования и преподавателя, так как применение данных методов требует большого количества актуальных навыков и умений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинова, Т. Н. Подготовка студентов медицинского вуза по химии – необходимое условие качественного образования будущего врача / Т. Н. Литвинова, Т. Г. Юдина // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 3 (2). – С. 347–351.

2. Шамис, В. А. Активные методы обучения в вузе / В. А. Шамис // Сиб. торгово-экон. журн. – 2011. – № 4. – С. 136–144.

[К содержанию](#)