

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РАН НА ТЕРРИТОРИИ ДНР

ISSN 2664-7362 (PRINT)
ISSN 2664-7370 (ONLINE)



МАТЕРИАЛЫ
X Международной научной конференции
ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ – 2025:
образование, наука, инновации,
культура и вызовы современности



ТОМ 3

Биологические, химические,
медицинские науки и экология



Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!

От имени Донецкого государственного университета, всего академического сообщества Донецкой Народной Республики приветствую наших друзей из различных регионов Российской Федерации и зарубежных стран, принимающих участие в традиционной, теперь уже X Международной научной конференции «Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности».

Минуло десять лет с тех пор, как в нашем университете прошла первая конференция, которая за прошедшие годы приобрела широкую известность, стала авторитетным научным собранием, привлекла внимание большого числа ученых. Расширился спектр рассматриваемых научных направлений и вовлеченность в научные дискуссии известных ученых и специалистов-практиков, возросли актуальность и практическая значимость представляемых научных результатов.

Эпохальное событие – вхождение Донецкой Народной Республики в состав Российской Федерации – дало могучий толчок развитию и углублению наших научных исследований. Благодаря России мы получили достойное финансирование, новейшее оборудование, новые перспективные научные направления и наша общая цель – приложить все усилия к решению задач, которые ставит перед нами Родина.

2022–2031 годы объявлены Президентом России Владимиром Владимировичем Путиным как **Десятилетие науки и технологий**. Полагаю, что наша многопрофильная конференция вносит достойный вклад в решение задач, поставленных Президентом, в том числе и по привлечению талантливой молодежи в науку!

На Конференции будут представлены **1 950 научных докладов в четырнадцати профильных секциях**. Будут работать **семьдесят восемь подсекций и одиннадцать круглых столов**.

Труды конференции составляют **десять томов в шестнадцати книгах** общим объемом **5 980 страниц** и будут размещены в электронной форме в наукометрической базе РИНЦ.

Приглашаю вас к обстоятельному разговору о способах и механизмах скорейшего внедрения прорывных научных разработок, с тем чтобы наши достижения способствовали укреплению суверенитета и безопасности нашей и дружественных стран, росту качества жизни россиян.

Желаю успехов всем участникам конференции, и всем нам – новых научных достижений во благо России!

С наилучшими пожеланиями,
руководитель Представительства Российской академии наук
на территории Донецкой Народной Республики,
ректор Донецкого государственного университета,
доктор физико-математических наук, профессор

Светлана Владимировна Беспалова

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Представительство федерального государственного
бюджетного учреждения «Российская академия наук»
на территории Донецкой Народной Республики

**X Международная
научная конференция,
посвященная 60-летию создания
Донецкого научного центра**

Материалы
конференции

Том 3

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ,
ХИМИЧЕСКИЕ,
МЕДИЦИНСКИЕ
НАУКИ И
ЭКОЛОГИЯ**

**Донецкие чтения
– 2025:
образование, наука,
инновации, культура
и вызовы
современности**

г. Донецк
5–7 ноября 2025 г.

Донецк
Издательство ДонГУ
2025

ББК Е.я431+Г.я431+Р.я431
УДК 57+58+59+54+61+502/504(043.2)
Д672

Редакционная коллегия:

С.В. Беспалова (гл. ред.), А.В. Белый (зам. гл. ред.), В.А. Дубровина,
М.В. Фоменко, О.С. Горецкий, А.И. Сафонов (отв. секр. секции),
В.В. Труш, Е.В. Прокопенко, В.О. Корниенко, С.И. Демченко,
А.Д. Штирц, А.О. Елизаров, А.О. Лисун, Ю.П. Загнитко,
С.Г. Бахтин, Н.И. Белая, О.В. Баранова, Н.В. Яблочкова,
Н.Д. Щепина (отв. секр. секции)

Д672 Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы X Международной научной конференции, посвященной 60-летию создания Донецкого научного центра (Донецк, 5–7 ноября 2025 г.). – *Том 3: Биологические, химические, медицинские науки и экология* / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2025. – 385 с.

Ответственность за содержание материалов, аутентичность цитат, правильность фактов и ссылок несут авторы.

В третий том материалов X Международной научной конференции «Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» вошли исследования по актуальным проблемам биологических, химических и медицинских наук. Рассматриваются вопросы биофизики, ботаники, зоологии, физиологии растений и грибов, микробиологии, биотехнологии, физиологии человека и животных, медицины и экологии, а также аналитической химии, биохимии и органической химии, неорганической химии, физической химии.

Освещенные в сборнике проблемы и направления их решения будут полезны научным работникам, преподавателям, студентам, аспирантам, докторантам, проводящим научные исследования в области биологических, химических и медицинских наук.

ББК Е.я431+ Г.я431+Р.я431
УДК 57+58+59+54+61+502/504(043.2)

© Коллектив авторов, 2025

© Донецкий государственный университет, 2025

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Беспалова С.В., д-р физ.-мат. наук, профессор, ректор Донецкого государственного университета (г. Донецк).

Заместители председателя:

Бабурин С.Н., д-р юрид. наук, профессор, президент Ассоциации юридических вузов, научный руководитель Центра интеграционных и цивилизационных исследований Института государства и права РАН, почетный профессор Донецкого государственного университета (г. Москва);

Зинченко Ю.П., д-р психол. наук, профессор, академик РАО, декан факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва);

Киричников М.П., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, декан биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва);

Федянин А.А., д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корр. РАН, проректор – начальник управления научной политики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Члены программного комитета:

Андреев Д.А., д-р ист. наук, доцент, заместитель декана по научной работе исторического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Аноприенко А.Я., канд. техн. наук, профессор, ректор Донецкого национального технического университета (г. Донецк).

Белый А.В., канд. хим. наук, доцент, проректор Донецкого государственного университета (г. Донецк).

Вартанова Е.Л., д-р филол. наук, академик РАО, декан факультета журналистики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Варюхин В.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корр. РАН, научный руководитель ФГБНУ «Физико-технический институт им. А.А. Галкина» (г. Донецк).

Воронова О.Е., д-р филол. наук, профессор, профессор кафедры литературы и журналистики, руководитель Центра региональных проектов и межрегиональных связей Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина (г. Рязань).

Глухов А.З., д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник Донецкого ботанического сада, профессор кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета (г. Донецк).

Головчан А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент, и.о. директора ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» (г. Донецк).

Данилюк Д.А., канд. физ.-мат. наук, и.о. директора ФГБНУ «Институт прикладной математики и механики» (г. Донецк).

Зайченко Н.М., д-р техн. наук, профессор, директор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры – филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Макеевка, ДНР).

Игнатенко Г.А., д-р мед. наук, профессор, академик РАН, ректор Донецкого государственного медицинского университета им. М. Горького (г. Донецк).

Исаков В.Б., д-р юрид. наук, профессор, профессор НИУ «Высшая школа экономики» (г. Москва).

Керимов А.Д., д-р юрид. наук, профессор, главный научный сотрудник Института государства и права Российской академии наук (г. Москва).

Кожухов И.Б., д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры высшей математики НИУ «Московский институт электронной техники» (г. Москва).

Липгарт А.А., д-р филол. наук, профессор, декан филологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Лубков А.В., д-р ист. наук, профессор, академик РАО, ректор Московского педагогического государственного университета (г. Москва).

Мацявичюс Э.Г., директор Института медиа НИУ «Высшая школа экономики», директор института «Первая Академия медиа» Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова (г. Москва).

Минаев А.И., д-р ист. наук, доцент, профессор Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина (г. Рязань).

Некипелов А.Д., д-р экон. наук, профессор, академик РАН, директор Московской школы экономики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Нечаев В.Д., д-р полит. наук, доцент, ректор Севастопольского государственного университета (г. Севастополь).

Половян А.В., д-р экон. наук, доцент, директор ГБУ «Институт экономических исследований» (г. Донецк).

Приходько С.А., канд. биол. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «Донецкий ботанический сад» (г. Донецк).

Прутков Г.В., д-р филол. наук, профессор Института медиа НИУ «Высшая школа экономики» (г. Москва).

Рябичев В.Д., д-р техн. наук, профессор, ректор Луганского государственного университета имени Владимира Даля (г. Луганск).

Соболев В.И., д-р биол. наук, профессор кафедры здоровья и реабилитации Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского (г. Ялта).

Тедеев В.Б., канд. техн. наук, профессор, ректор Юго-Осетинского государственного университета имени А.А. Тибилова (г. Цхинвал).

Тулупов В.В., д-р филол. наук, профессор, декан факультета журналистики Воронежского государственного университета (г. Воронеж).

Туралина Н.А., д-р филол. наук, профессор, зав. кафедрой библиотечно-информационной деятельности Белгородского государственного института искусств и культуры (г. Белгород).

Хомутова Е.В., канд. биол. наук, директор ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко» (г. Донецк).

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, НА ПРИМЕРЕ *ZEА МАУS L.*

Авдеева К.А., ORCID 0009-0000-1983-5671,

Елизаров А.О., ORCID 0009-0007-6872-3255

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

ks_avdeeva13@mail.ru, a.o.elizarov@mail.ru

Современные подходы в земледелии, ориентированные на увеличение продуктивности и повышение сопротивляемости сельскохозяйственных культур к влиянию экологических факторов основываются на глубоком анализе механизмов влияния абиотических факторов на растения [1–3]. В связи с этим, возникает необходимость разработки технологий повышения адаптивного потенциала растений [4].

Переменное магнитное поле (ПеМП) является одним из потенциально значимых абиотических факторов, которое в зависимости от физических параметров (частоты, амплитуды, экспозиции) и генотипа растений может оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее влияние на ростовые процессы. Однако его влияние на стрессоустойчивость сельскохозяйственных культур изучено недостаточно [5–7]. Анализ морфологических характеристик *Zea mays L.* под воздействием ПеМП позволяет оценить степень адаптации растений к данному абиотическому фактору и выявить оптимальные параметры поля для стимуляции ростовых процессов. Фотосинтез является ключевым процессом, определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур, поскольку стабильные показатели фотосинтеза считаются необходимыми для здорового роста и развития растений [6]. В связи с этим, целью настоящей работы является исследование влияния обработки семян *Zea mays L.* переменным магнитным полем на показатели флуоресценции листьев растений.

Обработка семян кукурузы осуществлялась в сухом состоянии с использованием магнитной установки для воздействия на биологические объекты. Параметры воздействия: $f = 50$ Гц, $B = 1\text{--}10$ мТл, $t = 60$ мин. Проращивание семян осуществлялось в климатической камере LRG-260B, в соответствии с методикой, регламентированной ГОСТ 12038-84. На 7 сутки после прорастания образцы помещали в бокс без доступа света. Затем образцы извлекались и помещались в импульсный флуориметр «HEXAGON-IMAGING-PAM» (Heinz Walz, Германия). Измерений

следующие параметры флуоресценции, отражающие функциональное состояние фотосистемы:

- F_0 – минимальная флуоресценция (в темноте);
- F_m – максимальная флуоресценция (импульсное освещение);
- максимальный квантовый выход (YII) – коэффициент, представляющий максимальную потенциальную квантовую эффективность фотосистемы II, когда все реакционные центры открыты;
- NPQ – нефотохимическое тушение флуоресценции (количественная оценка нефотохимического тушения);
- ETR – скорость переноса электронов в фотосистеме.

Анализ полученных данных выявил, что минимальный уровень флуоресценции в ходе эксперимента находился в пределах физиологической нормы $F_0 = 0,2\text{--}0,4$ отн.ед. Максимальный уровень флуоресценции увеличился $F_m = 3,2\text{--}3,5$ отн.ед. при воздействии на семена переменным магнитным полем (ПеМП) с индукцией 8 и 10 мТл, что свидетельствует о стимуляции фотосистемы. Максимальный квантовый выход фотосистемы увеличивался $YII = 0,59$ отн.ед. после облучения образцов ПеМП с индукцией 1 мТл (рис.).

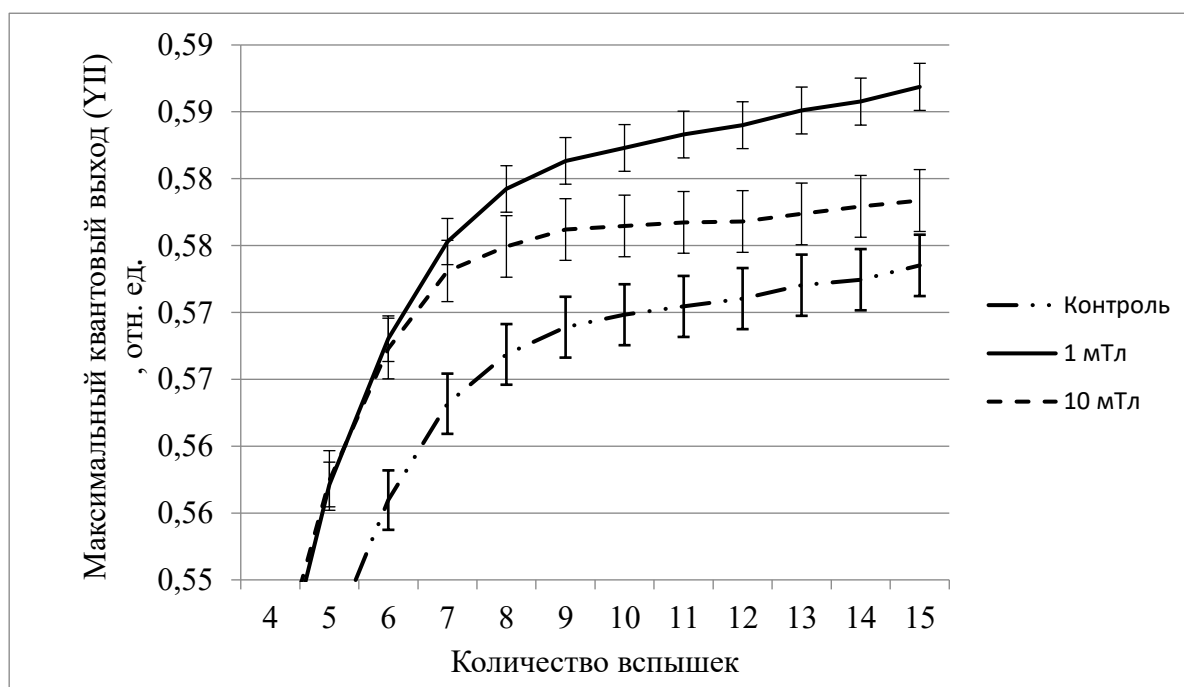


Рис. Зависимость максимального квантового выхода от магнитной индукции ПеМП

Полученный показатель демонстрирует повышении эффективности фотосистемы. Обработка семян ПеМП с индукцией 10 мТл приводила к значительному увеличению величины показателей нефотохимического тушения по сравнению с контрольной группой, что указывает на усиление стрессового воздействия на фотосинтетический аппарат.

При индукции 1 мТл наблюдалось достоверно более низкое значение данного параметра по сравнению с контрольной группой (уровне значимости $p < 0,05$). Скорость переноса электронов в фотосинтетической цепи значительно возрастала при индукциях 1, 4 и 8 мТл. Следует отметить, что показатели при индукциях 1 мТл и 8 мТл статистически незначимо отличались, что может указывать на достижение насыщения эффекта стимуляции фотосинтетической активности при данных уровнях воздействия ПеМП.

Обработка семян ПеМП с разной индукцией может оказывать стимулирующее ($B = 1$ мТл) и стрессовое воздействие ($B=10$ мТл) на фотосинтетический аппарат растений. ПеМП с индукцией 1 мТл оптимально для стимуляции фотосинтетических процессов и минимизации стрессового влияния на растения. Применение индукции в 10 мТл, несмотря на наблюдаемую стимуляцию фотосинтеза, возможно сопряжено с возникновением стресса у растений, что следует учитывать при разработке методик предпосевной обработки семян.

Список литературы

1. Гавриленко, Т. А. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика): монография. В двух томах. – М.: ООО "издательство Агрорус", 2004. – Том I. – 690 с.
2. Кондратьев, М. Н. Влияние абиотических стрессов на метаболизм вторичных соединений в растениях / М. Н. Кондратьев, Е. С. Роньжина, Ю. С. Ларикова // Известия КГТУ. – 2018. – № 49. – С. 203-219. – EDN XNGJON.
3. Левин, В. И. Последствие стресс-факторов на прорастание и посевные качества семян зерновых культур / В. И. Левин, Л. А. Антипкина, А. С. Ступин // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 4(48). – С. 3-10. – EDN XYUPKS.
4. Корниенко, В. О. Влияние переменного магнитного поля с различной формой сигнала на морфометрию и онтогенез кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий, К. А. Авдеева // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 51-57. – DOI 10.55355/snv2023124107. – EDN XAFNXU.
5. Котюк, П. Ф. Биологическое действие переменного магнитного поля на проростки кукурузы сахарной / П. Ф. Котюк, К. А. Авдеева // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 111-116. – EDN DMSKYS.
6. Корниенко, В. О. Биологические эффекты переменного магнитного поля промышленной частоты, на примере кукурузы сахарной / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. О. Елизаров // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 60-67. – EDN JGJAHB.
7. Барышев, М. Г. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений / М. Г. Барышев, Г. И. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2002. – № 1(266). – С. 21-23. – EDN QAKOBN.

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ВИБРАЦИИ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ

Авдеева К.А., ORCID 0009-0000-1983-5671

Скляренко Ю.И.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ks_avdeeva13@mail.ru, sklyarenko.2026@list.ru

Живые организмы в процессе эволюции адаптировались к воздействию различных физических факторов, включая магнитное поле, как природного, так и антропогенного происхождения. Изучение влияния антропогенных факторов на живые системы, таких как переменное магнитное поле (ПеМП), представляет значительный интерес как с экологической, так и с сельскохозяйственной точек зрения, поскольку ПеМП оказывает выраженное воздействие на морфологические, физиологические, биохимические и биофизические характеристики растений [1–3].

Переменное магнитное поле и вибрация, как физические параметры окружающей среды, могут существенно влиять на физиологические процессы растений. Магнитное поле способно изменять метаболизм, влиять на скорость роста и развития, а также на устойчивость к стрессовым факторам. Влияние вибрации способно оказывать воздействие на клеточные структуры растений, что приводит к изменениям в их параметрах роста. Эти эффекты открывают перспективы повышения продуктивности зерновых и других культур, их устойчивости к болезням, стимуляции роста и улучшения качества урожая, как результат применения физических методов в предпосевной обработке семян [4–6].

Целью является изучение влияния сочетанного действия переменного магнитного поля и низкочастотной вибрации на морфометрические показатели и онтогенез семян кукурузы сахарной «Пролетарская» (элита).

Обработка семян кукурузы переменным магнитным полем ($f = 30$ Гц, $B = 1$ мТл, $t = 60$ мин) осуществлялась в специализированной магнитной установке для обработки и модификации биологических объектов (рис.1), разработанной в отделе физики магнитных явлений и высокотемпературной сверхпроводимости научно-исследовательской части ФГБОУ ВО «ДонГУ». Установка состоит из электромагнитных катушек (1), в центре которых создаётся переменное магнитное поле, осциллографа (2), с помощью которого производится регулировка величины переменного тока, генератора сигналов специальной формы (3), и источника тока с высоким выходным сопротивлением (4).



Рис. 1. Внешний вид установки по обработке семян растений переменным магнитным полем: 1 – электромагнитные катушки, 2 – осциллограф, 3 – генератор сигнала специальной формы, 4 – источник тока.

После воздействия ПеМП, образцы подвергались дополнительной вибрационной обработке на виброустановке (рис. 2) с экспозицией 60 минут с варьируемой частотой.



Рис. 2. Внешний вид вибрационной установки для обработки семян кукурузы сахарной

Контрольные образцы не подвергались воздействию физических факторов. После завершения обработки, семена проращивались в контролируемых условиях (+20°C). В процессе проращивания оценивались следующие показатели: энергия прорастания, всхожесть, онтогенез (стадия развития) и морфометрические показатели (длина стебля и корня).

Исследование показало, что сочетанное последовательное воздействие ПеМП и вибрации оказывает различное влияние на онтогенез и морфометрию кукурузы. Наиболее стимулирующее действие на развитие (достижение стадии 1-2 листа) наблюдалось при сочетании ПеМП 30 Гц с вибрацией 8 Гц (+38 % по сравнению с контролем), а также при воздействии только вибрацией 16 Гц (+56 %). Ингибирующий эффект наблюдался при использовании только низкочастотной вибрации 8 Гц и 13 Гц. Положительное влияние на длину стебля и корня также отмечалось при

сочетанном воздействием ПеМП 30 Гц с вибрацией 16 Гц, когда значения морфометрических показателей превышали контрольные на 10–70 %. Полученные данные указывают на возможность управления ростовыми процессами кукурузы сахарной посредством комбинированного воздействия ПеМП и вибрации.

В контексте возрастающего внимания к экологической чистоте сельскохозяйственного производства, представленные данные свидетельствуют о том, что сочетанное последовательное действие переменного магнитного поля и вибрации представляет собой перспективный инструмент для регулирования процессов роста и развития сельскохозяйственных культур, открывающий возможности для создания инновационных, экологически безопасных и эффективных методов увеличения урожайности.

Исследование проводилось по теме государственного задания (№ госрегистрации НИОКТР 124012400345-8).

Список литературы

1. Авдеева, К. А. Влияние сочетанного действия вибрации частотой 10-100 Гц и наночастиц Fe₃O₄ на ранние стадии развития *Zea mays* L / К. А. Авдеева, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 70-82. – DOI 10.5281/zenodo.14923295. – EDN FSQGXС.
2. Котюк, П. Ф. Биологическое действие переменного магнитного поля на проростки кукурузы сахарной / П. Ф. Котюк, К. А. Авдеева // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 111-116. – EDN DMSKYS.
3. Корниенко, В. О. Влияние переменного магнитного поля с различной формой сигнала на морфометрию и онтогенез кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий, К. А. Авдеева // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 51-57. – DOI 10.55355/snв2023124107. – EDN XAFNXU.
4. Корниенко, В. О. Биологические эффекты переменного магнитного поля промышленной частоты, на примере кукурузы сахарной / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. О. Елизаров // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 60-67. – EDN JGJАНВ.
5. Корниенко, В. О. Влияние сочетанного действия переменного магнитного поля и низкочастотной вибрации на рост и развитие кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) / В. О. Корниенко, П. Ф. Котюк, А. С. Яицкий // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 9. – С. 15-21. – DOI 10.37882/2223-2966.2022.09.15. – EDN IPUMGB.
6. Корниенко, В. О. Влияние сочетанного действия переменного магнитного поля и низкочастотной вибрации на ранние стадии онтогенеза и морфометрию кукурузы сахарной / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. С. Яицкий // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2024. – № 1. – С. 85-92. – DOI 10.5281/zenodo.12532471. – EDN RDWDDF.

БИОМОНИТОРИНГ УЧАСТКА РУСЛА РЕКИ КРЫНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ФЛУОРИМЕТРИИ

Аникина Е.А., ORCID 0009-0001-4398-0307,

Чуфицкий С.В., ORCID 0009-0006-6126-7958

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
elizavetaalexandrovna2505@yandex.ru; chufitskyisergey@yandex.ru

Продолжительное время Донецкий регион страдает от нехватки питьевой воды. Водная сеть Донецкой Народной Республики сформирована за счёт поверхностных, подземных, а также шахтных и сточных вод. Основными источниками обеспечения воды является водовод Дон-Донбасс, водохранилища питьевого и технического назначения [5]. Одними из важных водохранилищ питьевого назначения являются Ольховское и Ханженковское, расположенные в русле реки Крынка [4]. Вода из этих водохранилищ попадает в Зуевское водохранилище, которое входит в состав гидротехнических сооружений и системы охлаждения Зуевской тепловой электростанции (ТЭС). Зуевская ТЭС, большое количество шахт, расположенных в непосредственной близости от русла реки Крынка, оказывают негативное влияние на качество поверхностных вод водохранилищ [1].

Вследствие сложившейся экологической ситуации, возникает необходимость в оперативном и доступном методе для постоянного мониторинга состояния водных объектов. Одним из таких методов является биотестирование, которое даёт возможность оценить действие токсического эффекта на живые тест-организмы, в качестве которых могут выступать низшие ракообразные *Daphnia magna* S., рыбки данио *Danio rerio* H., культуры одноклеточных водорослей *Desmodesmus subspicatus* C., *Chlorella vulgaris* Beijer и высшие водные растения *Lemna minor* H. [2].

Целью исследования являлось оценить качество поверхностных вод реки Крынка, включая Ханженковское, Ольховское и Зуевское водохранилища, методами биотестирования и флуориметрии.

Для проведения мониторинга водных объектов всего было выделено 9 мониторинговых точек. Мониторинговая точка 1 располагалась около н.п. Нижняя Крынка до впадения реки Крынка в Ханженковское водохранилище. Точка 2 соответствовала нижней части Ханженковского водохранилища, точка 3 находилась около н.п. Ольховка на реке Ольховка, которая является северным притоком Ольховского водохранилища. Данная река подвержена негативному воздействию шахтных вод. Мониторинговая точка 5 соответствовала Ольховскому водохранилищу около дамбы. На территории н.п. Зуевка река Ольховая впадает в реку Крынка (точка 6), на

данном участке происходит смешивание вод из Ханженковского и Ольховского водохранилищ. Далее река Крынка впадает в Зуевское водохранилище, на территории которого было выделено две мониторинговые точки: в верховье, около н.п. Водобуд (точка 7) и около дамбы, г. Зугрэс (точка 8). Воду из русла реки Крынка после Зуевского водохранилища отбирали на территории н.п. Шахтное (точка 9).

Отбор и хранение проб воды осуществляли согласно рекомендациям Р 52.24.808-2014 [3].

Для исследуемых проб выполняли регистрацию кривых индукции флуоресценции хлорофилла природного фитопланктона при помощи флуориметра ФС-2, разработанного на базе Донецкого государственного университета.

Анализ индукционных кривых флуоресценции выполняли при помощи программы ruPhotoSyn [6].

Наиболее высокой фотосинтетической активностью обладали клетки фитопланктона из мониторинговых точек 2 и 9.

В верховье Ханженковского водохранилища происходило интенсивное разрастание микроводорослей родов *Oscillatoria*, *Scenedesmus* и *Chlorella*.

В Зуевском водохранилище наблюдали наибольший прирост биомассы фитопланктона, который был обусловлен возрастанием численности диатомовых водорослей родов *Synedra* и *Nitzschia*, а также увеличения доли цианобактерий рода *Anabaena*.

Наиболее низкой фотосинтетической активностью отличались клетки фитопланктона из Ольховского водохранилища, что также наблюдалось в реке Крынка (точка 1), реке Ольховке (точка 3), реке Ольховой (точка 5) и точке 6, при смешивании вод из Ханженковского и Ольховского водохранилищ.

Ухудшение качества поверхностных вод Ольховского водохранилища обусловлено его сильным обмелением, помутнением проб воды за счёт большого количества взвешенных частиц и гибели биоты. Кроме того, на территории водохранилища доминировали микроводоросли родов *Cyclotella*, *Amphora*, *Ankistrodesmus*, *Nitzschia* и *Tetraedron*. В каждом водохранилище структура видового состава фитопланктона значительно изменяется, что обусловлено значительной антропогенной нагрузкой, а также изменением гидрорежима водных объектов.

Верховье Ханженковского водохранилища в течение летнего и осеннего периода пересохло в результате гидротехнических строительных работ и интенсивного водопользования. По тем же причинам произошло падение уровня в Ольховском водохранилище, что негативно сказалось на качестве поверхностных вод, а также на видовом составе фитопланктона. Подобные изменения в гидрорежиме водохранилищ и реки Крынка

происходили на фоне значительной антропогенной нагрузки в виде сброса загрязнённых шахтных и промышленных вод.

Результаты мониторинговых измерений фотосинтетической активности фитопланктона указывают на ухудшение качества поверхностных вод Ольховского водохранилища, а также загрязнения реки Ольховка и реки Крынка до впадения в Ханженковское водохранилище. На территории Зуевского водохранилища происходит интенсивный прирост биомассы фитопланктона, что также является следствием техногенного загрязнения поверхностных вод.

Исследования выполнены в рамках государственного задания «Разработка интеллектуальных систем анализа и прогнозирования состояния природно-технических объектов» (регистрационный номер 124012400344-1).

Список литературы

1. Вишневецкая, Я. Г. Тепловые электростанции как одни из источников загрязнения окружающей среды / Я. Г. Вишневецкая, Е. Э. Самойлова // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: Сборник материалов II Международной научной конференции, Макеевка, 15 февраля 2024 года. – Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2024. – С. 309-311. – EDN EKYRFE.
2. Олькова, А. С. Актуальные направления развития методологии биотестирования водных сред / А. С. Олькова // Вода и экология: проблемы и решения. – 2018. – № 2(74). – С. 40-50. – DOI 10.23968/2305-3488.2018.20.2.40-50. – EDN XUAMAP.
3. Р 52.24.808-2014. Оценка токсичности поверхностных вод суши методом биотестирования с использованием хлорофилла а. Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2014. – 23 с.
4. Флуориметрическая оценка фотосинтетической активности клеток микроводорослей при проведении биотестирования / Е. А. Аникина, С. В. Чуфицкий, С. М. Романчук [и др.] // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 4. – С. 53-60. – DOI 10.5281/zenodo.17199887– EDN BCKGTD
5. Юсупов, М. М. Вовлечение шахтных вод шахты «им. М. Горького» для хозяйственных нужд г. Донецка / М. М. Юсупов, Н. Н. Белоус, Р. М. Шеина // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: Материалы III Международной научной конференции, Макеевка, 13 февраля 2025 года. – Макеевка: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2025. – С. 303-305. – EDN NEJFBN.
6. Chlorophyll fluorescence induction and relaxation system for the continuous monitoring of photosynthetic capacity in photobioreactors / T. Antal, I. Konyukhov, A. Volgusheva [et al.] // Physiologia Plantarum. – 2019. – Vol. 165, No. 3. – P. 476-486. – DOI 10.1111/ppl.12693. – EDN AXNWAV.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЯХ *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. ПОВРЕЖДЕННЫХ КАШТАНОВОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МОЛЬЮ

Антропова Л.П., ORCID 0009-0000-3632-5438,

Чуфицкий С.В., ORCID 0009-0006-6126-7958

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

antropowalilya@yandex.ru, chufitskyisergey@yandex.ru

Городские зелёные насаждения в условиях интенсивной антропогенной нагрузки часто подвергаются воздействию биотических стрессоров, среди которых массовое распространение каштановой минирующей моли на *Aesculus hippocastanum* L. представляет серьёзную проблему [1]. Сезонная динамика развития вредителя вызывает прогрессирующие повреждения листового аппарата, что влияет на функциональную активность фотосинтетических систем [2]. В связи с этим изучение изменений параметров флуоресценции хлорофилла в течение вегетационного периода приобретает важное значение для диагностики состояния растения и оценки устойчивости вида в условиях урбоэкосистем.

Цель – оценить влияние каштановой минирующей моли на параметры флуоресценции хлорофилла в листьях *Aesculus hippocastanum* L. в летний и осенний периоды вегетации.

Объектом исследования служили листовые пластинки Каштана конского *Aesculus hippocastanum* L., отобранные в 2025 году на территории парковой зоны города Донецка. Листовые пластинки деревьев были повреждены каштановой минирующей молью *Cameraria ohridella* Desch. & Dem. Параметры флуоресценции хлорофилла определялись с помощью сканирующего импульсного флуориметра HEXAGON-IMAGING-PAM.

В летний период, несмотря на повреждение листовых пластин каштановой минирующей молью, при анализе параметров кинетики индукции флуоресценции хлорофилла выявлена высокая эффективность фотохимических процессов ($Y(II)$) и интенсивность электронного транспорта (ETR).

Повышенная активность минирующей моли приводит к разрушению мезофилла листа, уменьшению функциональной фотосинтетической площади и, как следствие, к нарушению работы световых реакций, организм растения компенсирует это усилением нефотохимического тушения [1]. При проведении исследования был подтверждён данный механизм, поскольку происходило значительное повышение параметров фотозащитных механизмов, направленных на рассеивание избыточной световой энергии в виде тепла для предотвращения фотоокислительного повреждения фотосистем ($Y(NPQ)$, NPQ и qN).

По сравнению с летним, в осенний период происходило повышение минимальной (F_0) и максимальной (F_m) флуоресценции, что связано с процессами деградации фотосинтетического аппарата и разрушением пигмент-белковых комплексов в ходе сезонного старения листьев, которое усугубляется повреждением молью. Рост F_0 может указывать на нарушение целостности тилакоидных мембран и снижение эффективности передачи энергии в реакционные центры фотосистемы II.

В осенний период происходило общее угнетение фотосинтетической активности, вызванное сокращением числа функционально активных реакционных центров. В осенний период в фотосинтетическом аппарате листьев каштана увеличивалась доля нерегулируемой рассеиваемой энергии, не используемой в процессах фотохимии, что приводило к образованию активных форм кислорода и фотоингибированию (параметр $Y(NO)$). Это свидетельствует об отключении защитных систем и неспособности растения эффективно управлять поглощённой световой энергией.

Изменение параметров F_0 и $Y(NO)$ указывает на деструкцию фотосинтетического аппарата и потерю способности к регуляции энергии. Более высокие значения $Y(II)$, $Y(NPQ)$, NPQ , qN и ETR в летний период указывают на сохранение функциональной пластичности и активную работу механизмов фотохимической утилизации световой энергии и ее защитной диссипации в ответ на действие стресс-факторов.

Проведённые исследования выявили чёткую сезонную динамику параметров флуоресценции у *A. hippocastanum* L. Летом наблюдалось включение фотозащитных механизмов с включением нефотохимического тушения флуоресценции. Осенью происходило нарушение адаптационных механизмов, что проявилось в деградации фотосинтетического аппарата под воздействием вредителя *C. ohridella* Desch. & Dem.

Исследование выполнено в рамках деятельности молодёжной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Особенности развития каштановой минирующей моли *Camararia ohridella* Deschk & Dimic в условиях Донецкой Степи / Т. П. Кузьминская, А. И. Торба, В. А. Ковалено, А. В. Кузьминский // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2-1(20). – С. 53-60. – EDN WVORUZ.
2. Крюкова, А. В. Вредоносность каштановой минирующей моли в Псковской области / А. В. Крюкова, З. В. Николаева // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 2-7. – EDN OTIMOH.

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА
ROBINIA PSEUDOACACIA L.**

Антропова Л.П., ORCID 0009-0000-3632-5438,

Чуфицкий С.В., ORCID 0009-0006-6126-7958

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

antropowalilya@yandex.ru, chufitskyisergey@yandex.ru

Городская среда создаёт комплекс стрессовых факторов для древесных растений, где на фоне антропогенной нагрузки существенную роль играют естественные сезонные изменения [1]. Одним из наиболее эффективных методов оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата в этих условиях является анализ флуоресценции хлорофилла, позволяющий неинвазивно отслеживать работу фотосистемы II [2].

Проведение таких исследований актуально, поскольку их результаты не только раскрывают физиологические механизмы адаптации растений, но и предоставляют научно обоснованные критерии для оценки их жизненного состояния. Это имеет ключевое значение для разработки стратегий формирования устойчивых зелёных насаждений в урбанизированной среде.

Цель – оценить сезонную динамику параметров флуоресценции хлорофилла в листьях *R. pseudoacacia* L. в условиях урбанизированной среды города Донецка для выявления адаптационных изменений в работе фотосинтетического аппарата в летний и осенний периоды.

Объектом исследования выступала Робиния псевдоакация (*R. pseudoacacia* L.) – широко распространённый вид растений на территории г. Донецка. Сбор листовых пластинок проводили в Студенческом парке Донецка в летний и осенний периоды 2025 года. Параметры флуоресценции хлорофилла определяли с помощью сканирующего импульсного флуориметра HEXAGON-IMAGING-PAM.

Проведённый сравнительный анализ параметров флуоресценции хлорофилла выявил чёткую сезонную динамику. Повышение минимальной и максимальной флуоресценции в летний период свидетельствуют о большем содержании хлорофилла и высокой концентрации функционально активных реакционных центров фотосистемы II, тогда как осенью происходила деградация пигмент-белковых комплексов и снижение содержания хлорофиллов.

В летний период была отмечена высокая эффективность протекания фотохимических процессов и интенсивность электронного транспорта на уровне фотосистемы II. Наблюдавшееся осенью значительное снижение

квантового выхода флуоресценции и скорости электронного транспорта в фотосистемах свидетельствует о снижении общей продуктивности фотосинтеза.

Статистически значимых межсезонных различий в параметрах нефотохимического и фотохимического тушения флуоресценции выявлено не было. Вместе с тем, в летний период в листовых пластинках доля открытых реакционных центров, способных к окислению, была значительно выше, чем в осенний период, что согласуется с максимальной скоростью электронного транспорта. Снижение доли активных реакционных центров в осенний период может быть сопряжено как с деградацией фотопигментов, так и с негативным антропогенным воздействием.

О степени повреждения фотосинтетического аппарата можно также судить по изменению уровня квантового выхода нерегулируемого рассеяния тепловой энергии в летний и осенний периоды. Значительный рост данного параметра осенью является индикатором неспособности механизмов регулируемой энергодиссипации компенсировать избыток энергии на фоне сниженной фотохимической активности, что приводит к фотоокислительным повреждениям фотосинтетического аппарата.

Таким образом, в летний период фотосинтетический аппарат листьев *R. pseudoacacia* отличается высокой функциональной активностью, тогда как в осенний период наблюдается деградация фотосинтетических пигментов и угнетение общей фотосинтетической активности. Осенью подавление фотохимии и закрытие реакционных центров вызывают резкий рост, что указывает на разрушение фотосинтетического аппарата в процессе деградации листовых пластин. Комплексная оценка фотохимических и нефотохимических параметров флуоресценции важна для точной диагностики состояния фотосинтетического аппарата растений в меняющихся условиях.

Исследование выполнено в рамках деятельности молодёжной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Сезонная динамика фотосинтетических пигментов у кленов *Acer campestre* L., *A. Negundo* L. и *A. Saccharinum* L. В Ростове-на-Дону / М. А. Игнатова, Б. Л. Козловский, П. А. Дмитриев [и др.] // Биосфера. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 82-97. – DOI 10.24855/biosfera.v14i2.670. – EDN OAGCCQ.
2. Сезонные изменения содержания хлорофиллов и каротиноидов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зоне влияния теплового поля газового факела / С. А. Шавнин, И. А. Юсупов, Н. В. Марина [и др.] // Физиология растений. – 2021. – Т. 68, № 3. – С. 315-325. – DOI 10.31857/S0015330321020184. – EDN PKIPQM.

БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОТОБИОМОДУЛЯЦИИ: ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ

Аныев Д.Б., ORCID 0009-0008-8899-3129

Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз, Туркменистан
dbaygeldi7@gmail.com

Современное сельское хозяйство находится на этапе глобальной трансформации, связанной с ростом населения Земли, изменением климата и необходимостью повышения эффективности использования природных ресурсов. В этих условиях ключевую роль начинают играть междисциплинарные подходы, объединяющие биологию, физику, химию и информационные технологии. Одним из таких направлений является биофизика, которая исследует фундаментальные физические механизмы, лежащие в основе функционирования живых систем, и предлагает новые методы управления их развитием [1–3].

Особый интерес в последние десятилетия вызывает фотобиомодуляция – использование световых волн определённого спектра для управления ростом и метаболизмом растений. Это направление основано на глубоком понимании того, что свет – не только источник энергии для фотосинтеза, но и важнейший регулятор биохимических и физиологических процессов. Растения воспринимают свет с помощью фотосенсоров, которые активируют специфические сигнальные пути, влияющие на прорастание, морфогенез, образование биомассы и синтез вторичных метаболитов [4–7].

Внедрение LED-технологий открывает широкие перспективы для применения в тепличных хозяйствах, вертикальных фермах, а также в микроклональном размножении растений. Использование регулируемого спектра освещения позволяет получать стабильные урожаи независимо от времени года и климатических условий, что особенно актуально в регионах с экстремальными климатическими особенностями, включая зоны засушливого климата.

На современном этапе особое внимание уделяется интеграции фотобиомодуляции с методами искусственного интеллекта и биоинформатики. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет моделировать отклик растений на различные спектры освещения и подбирать оптимальные комбинации длин волн для конкретных культур и условий выращивания. Такой подход открывает новые возможности для развития умного сельского хозяйства и создания энергоэффективных агросистем будущего.

Таким образом, исследование биофизических основ фотобиомодуляции имеет не только теоретическую, но и прикладную значимость. Оно позволяет разрабатывать инновационные технологии для повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур, а также открывает перспективы для перехода к устойчивым системам земледелия в условиях глобальных климатических вызовов.

Целью данной работы является – анализ биофизических основ фотобиомодуляции и оценка влияния светодиодного излучения различных длин волн на рост и метаболизм растений, с акцентом на возможности практического применения LED-технологий в сельском хозяйстве и биотехнологиях.

В исследовании использовались светодиодные установки, позволяющие генерировать световые волны различного спектрального состава (синий – 450 нм, красный – 660 нм, дальний красный – 730 нм, белый полный спектр). Светодиоды размещались в специально оборудованных вегетационных камерах, где поддерживались контролируемые параметры температуры (25 ± 2 °C днём и 20 ± 2 °C ночью) и влажности воздуха (60–70 %).

В качестве объекта исследования использовались семена и проростки сельскохозяйственных культур (например, пшеница *Triticum aestivum* L. и салат *Lactuca sativa* L.), которые широко применяются в биофизических экспериментах для оценки влияния светового режима на ростовые процессы.

Семена предварительно стерилизовались в 1%-ном растворе перманганата калия, промывались дистиллированной водой и высевались в контейнеры с питательным субстратом. После появления всходов растения подвергались воздействию различного спектрального освещения в течение 14–21 дней.

Для оценки физиологического состояния растений применялись следующие методы:

- биометрические измерения: определение высоты проростков, массы сырой и сухой биомассы;
- фотосинтетические параметры: оценка содержания хлорофиллов а и b спектрофотометрическим методом (при длине волн 645 и 663 нм);
- флуоресценция хлорофилла: регистрация максимальной квантовой эффективности фотосистемы II (параметр F_v/F_m) с помощью портативного флуориметра;
- статистическая обработка данных: расчёт средних значений и стандартных отклонений ($n = 3–5$), проверка достоверности различий методом Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$.

Экспериментальный дизайн предусматривал сравнение контрольной группы (белый свет) и опытных групп с использованием

монохроматических (красный, синий) и комбинированных спектров (красный + синий, красный + синий + дальний красный).

Проведённый обзор показывает, что фотобиомодуляция является мощным инструментом для управления ростом и метаболизмом растений. Светодиодные технологии позволяют варьировать спектральный состав освещения, подстраивая его под потребности конкретных культур и этапов их развития.

Использование красного и синего излучения способствует повышению фотосинтетической активности и ускорению роста, тогда как инфракрасное излучение оказывает дополнительное стимулирующее действие на энергетический обмен. Применение LED-систем открывает перспективы для развития высокоэффективных агротехнологий, снижает потребление энергии и делает возможным круглогодичное производство сельскохозяйственной продукции в искусственных условиях.

В перспективе особое значение будет иметь интеграция фотобиомодуляции с методами искусственного интеллекта для автоматизированного подбора оптимальных спектров освещения, что позволит существенно повысить эффективность и устойчивость агросистем.

Список литературы

1. Light emitting diodes (LEDs) as agricultural lighting: Impact and its potential on improving physiology, flowering, and secondary metabolites of crops / M. Al Murad, K. Razi, S. Muneer [et al.] // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 4. – P. 1-25. – DOI 10.3390/su13041985. – EDN APBGRL.
2. Bantis, F. LED induced photomorphogenesis in plants. / F. Bantis, S. Smirnakou, K. Radoglou // Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2018. – Vol. 93, No 1. – P. 1-14.
3. Light emitting diodes (LEDs) for agriculture: Smart lighting / edit. S. D. Gupta/ – Springer, 2017. – 334 с. – DOI 10.1007/978-981-10-5807-3
4. Olle, M. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality / M. Olle, A. Viršile // Agricultural and Food Science. – 2013. – Vol. 22, No. 2. – P. 223-234. – DOI 10.23986/afsci.7897. – EDN RHHNTL.
5. Plant productivity in response to LED lighting. / G. D. Massa, H. H. Kim, R. M. Wheeler [et al.] // HortScience. – 2008. – Vol.43, No 7. – P. 1951–1956.
6. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. / E. Darko, P. Heydarizadeh, B. Schoefs [et al.] // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2014. – Vol. 369, No 1640. – DOI: 10.1098/rstb.2013.0243
7. Pinho, P. Growth and morphology of lettuce under different light spectra. Annals of Applied // Biology. – 2012. – Vol. 160, No 1. – P. 46–56 с.

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННО-АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА НА ДРЕВЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ, ПРОИЗРАСТАЮЩИЕ ВДОЛЬ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Выликов Е.А., ORCID 0009-0000-4078-5680

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

alena.viliwok@yandex.ru

В современном мире, где каменные джунгли неуклонно расширяются за счёт природных сред, а индустриальная симфония набирает обороты, проблема антропогенного влияния на хрупкий баланс окружающей среды становится не просто актуальной – она кричит о немедленном внимании [1–7]. В этом урбанистическом хоре, вибрационно-акустический шум выступает одним из дирижёров, влияющих на самочувствие городских экосистем. Воздействие шума на живые организмы, в том числе на древесные насаждения, представляет собой сложную и многоаспектную проблему, требующую глубокого изучения.

Антропогенное воздействие на экосистемы – характерная черта современного города [4–6]. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение эколого-биологических особенностей древесных растений, произрастающих в условиях высокой транспортной нагрузки, изменяющихся климатических условий и т.д.

Цель работы – влияние вибрационно-акустического загрязнения на жизнеспособность древесных насаждений, произрастающих вдоль автомагистрали - проспекта Панфилова города Донецка.

Вибрационно-акустическое исследование шума проводили вдоль пр. Панфилова в г. Донецке (рис. 1). Оценивали интенсивность транспортного потока и состояние древесных растений. Измерение шума проводилось через каждые 30–50 метров вблизи автотрассы с помощью откалиброванного шумомера. Жизнеспособность и оценку состояния древесных растений определяли с помощью интегральной общепринятой шкалы В.А. Алексеева.

В среднем на всех изученных участках по проспекту Панфилова интенсивность движения транспорта составила 426 ± 39 ед./час в будний день, что указывает на среднюю антропогенную нагрузку. При этом наибольшую часть транспортного потока составляли легковые автомобили иностранного производства, что свидетельствует об их высокой распространённости.

Интенсивность транспортного потока оказывала значительное влияние на уровни вибрационно-акустического зашумления на обследуемой территории. Исследования показывают, что в среднем на

проспекте Панфилова уровень звукового давления составляет 65 ± 2 дБА и варьирует в зависимости от типа транспортных средств.

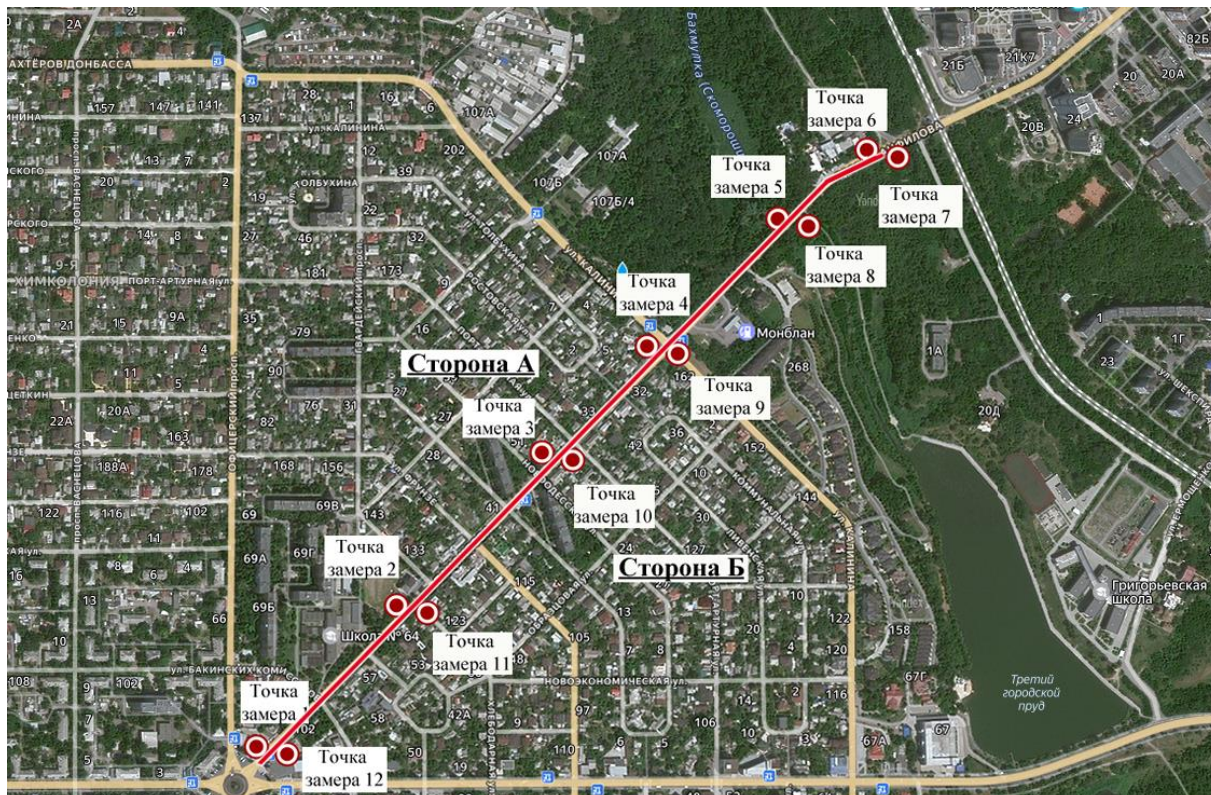


Рис. 1. Территория проведения исследований вдоль автомагистрали по проспекту Панфилова, г. Донецка

В ходе исследования было проведено обследование территории и выявлено 7 видов растений. Доминирующие виды – *Robinia pseudoacacia* (32 %), *Populus bolleana* (22 %) и *Sorbus intermedia* (19 %). Остальные виды – *Populus nigra*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* и *Ulmus pumila* – встречались в меньшем количестве. Оценка состояния насаждений в городской экосистеме показала, что 53 % растений находятся в неудовлетворительном состоянии, 28 % – в хорошем состоянии с небольшими признаками ослабления, и только 19 % – в отличном состоянии.

Средний балл жизнеспособности обследованных деревьев составил 2–3, что свидетельствует об умеренном состоянии дендроценоза (рис. 2).

Мониторинговые исследования выявили тревожную тенденцию: жизнеспособность древесных насаждений в городской среде характеризуется неудовлетворительным состоянием, особенно среди таких видов, как *Robinia pseudoacacia*, *Populus bolleana* и *Sorbus intermedia*. Примечательно, что значительная доля, достигающая 53 %, деревьев находится в состоянии, требующем немедленного вмешательства.

Полученные данные свидетельствуют о критической необходимости разработки и реализации целенаправленных мероприятий по улучшению экологического состояния городских насаждений.



Рис. 2. Повреждение ствола на исследуемой территории

При планировании и осуществлении этих мер следует учитывать видовые особенности растений, а также их устойчивость к неблагоприятным факторам, характерным для урбанизированных территорий.

Список литературы

1. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, В. В. Реуцкая [и др.] // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 19-29. – DOI 10.55355/snv2025142103. – EDN MUFKAZ.
2. Silvicultural and Ecological Characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a Key Introduced Species in the Urban Dendroflora of Industrial Cities / V. Kornienko, V. Reuckaya, A. Shkirenko [et al.] // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14132052. – EDN DRDBQF.
3. Корниенко, В. О. эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка / В. О. Корниенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 44-54. – DOI 10.5281/zenodo.15088293. – EDN PQWUJS.
4. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость можжевельника виргинского в условиях степной зоны восточно-Европейской равнины / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев // Лесоведение. – 2024. – № 1. – С. 70-78. – DOI 10.31857/S0024114824010084. – EDN SLLJXY.
5. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. С. Яицкий, А. О. Шкиренко // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 4. – С. 26-32. – DOI 10.55355/snv2024134104. – EDN BXIKNX.
6. Корниенко, В. О. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 11-2. – С. 28-34. – DOI 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13. – EDN VGFTLL.
7. Chufitskiy, S. Assessment of surface water quality in the Kryinka river basin using fluorescence spectroscopy methods / S. Chufitskiy, S. Romanchuk, B. Meskhi [et al.]. // Plants. – 2025. – Vol. 14, No 13. – DOI 10.3390/plants14132014. – EDN RNRTRH

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПРОФИЛИРУЮЩЕЙ АВТОНОМНОЙ СТАНЦИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ АКВАТОРИИ АЗОВСКОГО МОРЯ

Горбунов Р.И., ORCID 0009-0000-8846-6283,

Романчук С.М., канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

r.gorbunov@donnu.ru, s.romanchuk@donnu.ru

Проблема оценки состояния водных объектов является актуальной для жизнеобеспечения ДНР в сложившихся критических условиях нехватки водных ресурсов. Комплексная оценка состояния водных объектов требует либо отбора большого количества проб для дальнейшего проведения лабораторного анализа, либо использования дорогостоящих многопараметрических гидрологических зондов импортного производства [1]. Альтернативным вариантом является разработка подводного носителя для набора датчиков. Таким образом, возникает необходимость как разработки погружных гидрологических датчиков, так и создания подводного носителя, способного объединить большое число датчиков.

Цель – проведение комплексных испытаний разработанной на базе ДонГУ профилирующей автономной станции многопараметрических измерений (АСМИ) в натурных условиях. Комплексные испытания подразумевают проверку функционала и взаимодействия всех узлов АСМИ: механической части (перемещение станции вдоль вертикального водного профиля), электронного управляющего блока, модуля беспроводного управления и передачи данных на удалённую базовую станцию. Все испытания проводились в прибрежной акватории Азовского моря.

Автономная станция многопараметрических измерений представляет собой комплекс гидрологических датчиков, а именно: глубины, скорости течения, положения в пространстве, температуры, электропроводности, мутности, растворенного кислорода, pH, окислительно-восстановительного потенциала, а также разработанного в ДонГУ оптического погружного флуориметра. Впрочем, уникальность разработанной станции состоит в возможности интеграции любого дополнительного датчика с интерфейсом RS-485. Все датчики расположены на специальном носителе, который является корпусом станции и защитной конструкцией. Основная функциональная возможность АСМИ – её перемещение как в ручном режиме, так и в полностью автоматическом по заранее заданному пользователем алгоритму.

Ранее были проведены испытания всех узлов станции в ручном режиме с использованием кабеля для передачи данных [2]. Данный метод

измерения позволяет оперативно получать информацию о состоянии станции и настраивать протокол непосредственно в процессе измерения. Однако, одним из главных недостатков такого способа мониторинга является необходимость постоянного управления и контроля работы зонда оператором в непосредственной близости к станции (расстояние ограничено длиной кабеля). В условиях натурных измерений в открытом море зачастую присутствие оператора затруднительно. Таким образом, необходимым требованием к АСМИ является её полная автономность работы. Для этого техническая часть АСМИ была усовершенствована модулем беспроводной передачи данных, состоящего из передатчика и приёмной базовой станции, работающих по технологии LoRaWAN [3] на частоте 433 МГц. Передатчик имеет герметичный корпус со степенью пыле- и влагозащиты IP68 и подключается к станции через универсальный интерфейс подключения RS-485, а базовая станция подключается к персональному компьютеру через USB.

Испытания АСМИ проводились в прибрежной зоне Азовского моря в окрестностях н.п. Мелекино на удалении 2 км от берега. Базовая станция и персональный компьютер были расположены стационарно на берегу на возвышенности. С использованием АСМИ проводилось измерение профилей гидрофизических и биологических характеристик в выбранной точке Азовского моря на глубине до 3,5 м. Протокол работы станции представлял собой:

- 1) непрерывный опрос гидрологических датчиков с периодом 10 с;
- 2) движение станции на установленную глубину 3,5 м с остановками каждые 0,5 м;
- 3) выполнение 5 измерений флуориметром в каждой точке остановки;
- 4) подъем станции на поверхность по окончании погружения к заданной точке;
- 5) передача измеренных данных из памяти АСМИ на базовую станцию;
- 6) обработка принятых данных в разработанном ПО, вывод на экран и сохранение в файл.

В результате испытаний АСМИ была осуществлена регистрация вертикальных профилей изменения гидробиологических параметров морской среды в автоматическом режиме (рис.).

Измеренная погружным флуориметром концентрация хлорофилла в выбранной точке на разных глубинах была ниже минимальной чувствительности прибора, менее 0,05 мкг/л.

Автономная станция многопараметрических измерений водной среды прошла испытания в автоматическом режиме с беспроводным управлением на удалении 2 км от поста оператора. Таким образом, разработанная АСМИ позволяет проводить мониторинговые измерения глубоководных объектов удалённо в автоматическом режиме.

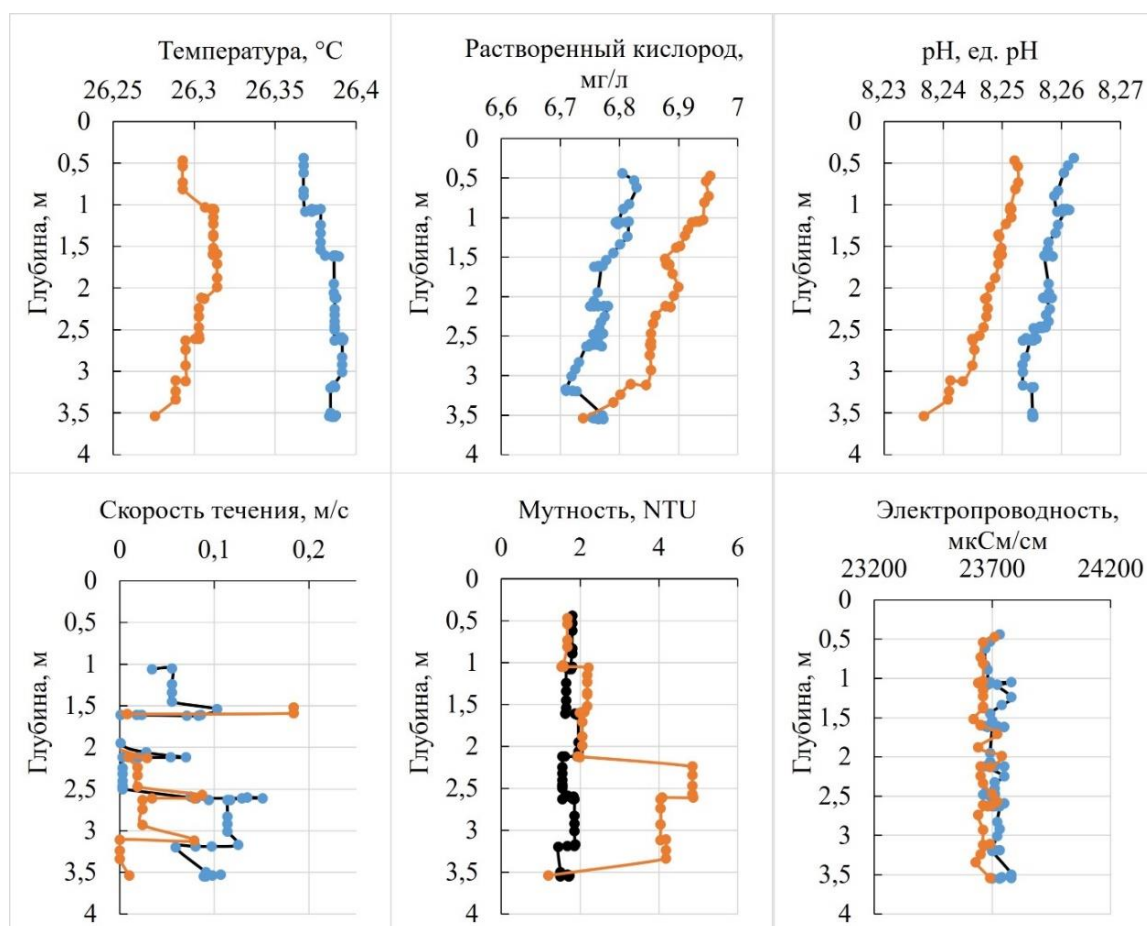


Рис. Графики профилей гидрофизических параметров

Исследования проводились в рамках государственного задания «Разработка интеллектуальных систем анализа и прогнозирования состояния природно-технических объектов» (номер госрегистрации 124012400344-1).

Список литературы

1. Горбацкий, В. В. Развитие методов гидрофизического мониторинга морских акваторий / В. В. Горбацкий // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2019. – № 2(388). – С. 137-149. – DOI 10.24937/2542-2324-2019-2-388-137-149. – EDN: NOJGSV
2. Чуфицкий, С.В. Регистрация профилограмм морских и пресноводных водных объектов с помощью погружного автономного многопараметрического зонда / Р.И. Горбунов, С.В. Чуфицкий, С.М. Романчук // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 101-108. – DOI 10.5281/zenodo.14923427. – EDN: ICHQVT
3. Buoys for marine weather data monitoring and LoRaWAN communication / A. Majumder, M. Losito, S. Paramasivam [et al.] // Ocean Engineering. – 2024. – Vol. 313. – P. 119521. – DOI 10.1016/j.oceaneng.2024.119521. – EDN NCRMTK.

ОСОБЕННОСТИ ЗАВИСИМОСТИ МИНИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА МАГНИТОМАРКИРОВАННЫХ КЛЕТОК ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ НАД ПЛЕНКОЙ С ПОЛОСОВОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ОТ ВЕЛИЧИНЫ АМПЛИТУДЫ НОРМАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ВНЕШНЕГО ПОЛЯ

Губарев А.А., ORCID 0009-0008-1388-4753,

Ефременко К.И., ORCID 0009-0003-3402-4123

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

gubarev_a_a@mail.com

Известно, что транспортировку магнитомаркированных (ММ) клеток можно осуществить, помещая ММ клетки над поверхностью феррит-гранатовой плёнки с полосовой доменной структурой и прикладывая к такой системе внешнее переменное магнитное поле [1]. Экспериментально установлено, что с уменьшением диаметра ММ клеток меняется вид их движения: с перемещения через множество границ доменов (транспорта) на колебания в пределах одного домена. Диаметр, при котором происходит изменение характера движения, назовём минимальный диаметр, $D_{\min}$. Изменение характера движения может быть использовано для разделения клеток по диаметру.

Цель работы – исследовать влияние частоты внешнего поля на величину $D_{\min}$.

Расчёты выполнялись в рамках подхода [1]. Внешнее поле имело вид знакопеременного меандра $\mathbf{B} = (B_x \operatorname{sgn} \sin \omega t, 0, B_z \operatorname{sgn} \sin \omega t)$, значение $B_x = 3$ мТл. Ось Z направлена перпендикулярно поверхности плёнки, ось X – вдоль поверхности плёнки и перпендикулярно границам полосовых доменов. Для возможности выполнения расчёта в широком диапазоне изменения B_z (мТл) использовались полученные экспериментально аппроксимации ширины доменов (f_{2L_x} , мкм) и величины периода (λ , мкм) для случая плёнки $\text{YSmLuCa}_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ толщиной 6.8 мкм и намагниченностью $M_s = 20531$ А/м

$$f_{2L_x}(B_z) = \begin{cases} 0.3896B_z + 4.85, & B_z < 2; \\ 2.973 \cdot 10^{-5} B_z^6 + 0.3896B_z + 4.85, & B_z > 2; \end{cases} \quad \lambda = f_{2L_x}(B_z) + f_{2L_x}(-B_z).$$

Для силы, действующей со стороны магнитного поля на ММ клетку, использовалось дипольное приближение $\mathbf{F}^m = \frac{1}{2} \chi \mu_0 V \nabla H^2$.

В случае знакопеременного меандра имеется два значения магнитной индукции, действующие не нулевое время ($B_z^- = B_z \operatorname{sgn} \sin(3\pi/2)$ и $B_z^+ = B_z \operatorname{sgn} \sin(\pi/2)$). Поскольку в основном динамика движения

подчиняется уравнению первого порядка переход от одного вида движения к другому можно наглядно видеть на графиках. На рис. (а) – (в) приведены зависимости проекции F_x^m от координаты на промежутке периодичности для трех значений диаметра ММ клетки при $B_z = 4$ мТл. На рис (а) для всех значений аргумента, по крайней мере, для одного из значений B_z^- или B_z^+ ордината графика больше нуля. В этом случае ММ клетка пересекает множество границ доменов. На рис. (в) имеются значения аргумента, для которых оба графика имеют отрицательные значения ординат. В этом случае наблюдаются колебания ММ клетки. На рис (б) в двух точках значения ординат обоих графиков равны нулю. Этот случай разделяет два предыдущих, а соответствующее ему значение D и есть $D_{\min}$. В таб. в строках $\omega \rightarrow 0$ указаны найденные таким образом значения $D_{\min}$. Для $D > D_{\min}$ найдутся (возможно, очень малые) частоты, такие, что ММ клетка будет испытывать транспорт.

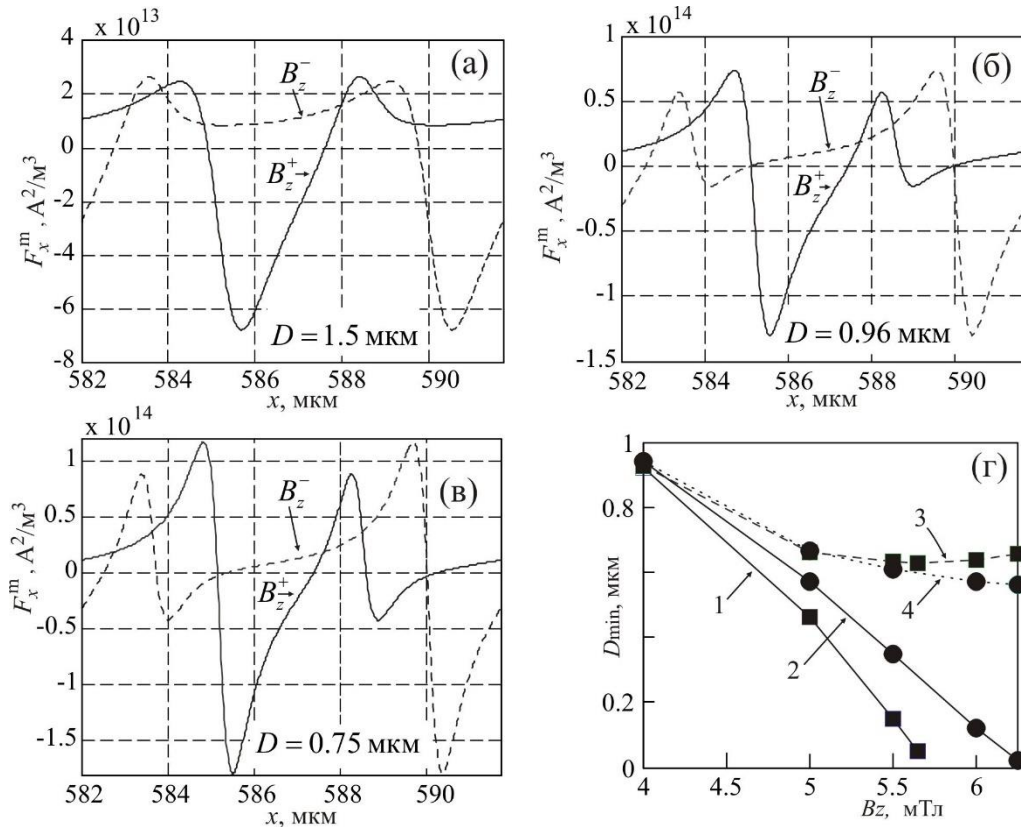


Рис. (а) – (в) – F_x^m как функция X для трех значений диаметра ММ клетки; (г) – зависимость $D_{\min}$ от величины амплитуды вертикальной компоненты индукции внешнего поля B_z , для различных модификаций модели: 1 и 3 – нелинейная зависимость ширины доменов от B_z , 2 и 4 линеаризованная зависимость ширины доменов от B_z , 1 и 2 – $\omega \rightarrow 0$, 3 и 4 – $\omega = 1$ Гц. Высота нижнего края клетки над плёнкой $\Delta z = 0.001 \text{ мкм}$.

Найденные при помощи численного решения системы уравнений для двух частот (0.001 и 1 Гц) при значении магнитной восприимчивости ММ клетки $\chi = 0.05$, для линейной и нелинейной зависимости ширины доменов приведены в таб. Для частоты 0.001 Гц значения $D_{\min}$ близки к значениям $D_{\min}$ в случае $\omega \rightarrow 0$, за исключением больших значений B_z , когда они больше. Для частоты 1 Гц в случае нелинейной зависимости график $D_{\min}(B_z)$ имеет минимум, правее которого функция возрастает, см. рис. (г).

Таблица

Величина $D_{\min}$ (мкм) как функция B_z для двух модификаций модели, предельно малой частоты внешнего поля ($\omega \rightarrow 0$), и двух конечных частот ω (0.001 и 1 с⁻¹). Высота нижнего края клетки над плёнкой $\Delta z = 0.001$ мкм.

Модель	Вид движения	B_z , мТл	2	3	4	5	5.5	5.65	6	6.25
		ω , с ⁻¹								
Линейная	Колебания	$\omega \rightarrow 0$	1.42	1.22	0.94	0.57	0.35	—	0.12	0.02
	Колебания	1	—	1.22	0.940	0.667	0.607	—	0.573	0.562
	Транспорт		—	1.23	0.941	0.668	0.608	—	0.574	0.563
	Колебания	0.001	—	—	—	0.565	0.35	—	0.130	0.027
	Транспорт		—	—	—	0.567	0.36	—	0.132	0.028
Нелинейная	Колебания	$\omega \rightarrow 0$	1.42	1.22	0.92	0.46	0.15	0.048	0	0
	Колебания	1	1.415	1.224	0.925	0.661	0.631	0.630	0.639	0.657
	Транспорт		1.42	1.225	0.926	0.662	0.632	0.631	0.640	0.658
	Колебания	0.001	—	—	—	0.46	0.15	0.05	—	—
	Транспорт		—	—	—	0.465	0.16	0.06	—	—

Нелинейная зависимость ширин доменов приводит к тому, что (даже для больших значений восприимчивости ММ клеток) при достаточно больших частотах внешнего поля (порядка 1 Гц), необходимых для быстрого разделения клеток, для больших значений B_z не наблюдается уменьшение $D_{\min}$ от B_z , что делает невозможным разделение клеток малого размера за счёт больших значений B_z .

Исследования проводились в рамках государственного задания (регистрационный номер 124012400345-8).

Список литературы

1. Губарев, А. А. Численное моделирование перемещения парамагнитных частиц над полосовой структурой магнитных доменов / А. А. Губарев, Ю. А. Легенький, С. В. Беспалова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 39-49. – EDN ZSDBHM.

ЗАВИСИМОСТЬ С ДВУМЯ МАКСИМУМАМИ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАГНИТОМАРКИРОВАННЫХ КЛЕТОК НАД ПЛЕНКОЙ С ПОЛОСОВОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ОТ ЧАСТОТЫ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Губарев А.А., ORCID 0009-0008-1388-4753,

Легенький Ю.А., ORCID 0009-0007-7571-8091,

Беспалова С.В., д-р физ.-мат. наук, проф., ORCID 0009-0009-4418-1513

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

gubarev_a_a@mail.com

Известно, что типичная зависимость средней скорости магнитомаркированных (ММ) клеток от частоты внешнего поля имеет вид функции, практически линейно возрастающей до максимума, а затем резко убывающей к нулю [1]. Нами обнаружено, что при малых диаметрах ММ клеток или достаточно большой величине внешнего поля, сила, действующая на ММ клетку со стороны магнитного поля, принимает вид, допускающий рост средней скорости справа от максимума.

Цель данной работы – получение в результате моделирования зависимости средней скорости от частоты с двумя участками возрастания.

Расчёты выполнялись в рамках подхода [2]. Внешнее поле имело вид знакопеременного меандра $\mathbf{B} = (B_x \operatorname{sgn} \sin \omega t, 0, B_z \operatorname{sgn} \sin \omega t)$, значение $B_x = 3$ мТл, $B_z = 5$ мТл. Ось Z направлена перпендикулярно поверхности плёнки, ось X – вдоль поверхности плёнки и перпендикулярно границам полосовых доменов. Использовались полученные по результатам экспериментальных исследований аппроксимации ширины доменов и периода полосовой доменной структуры для случая плёнки $\text{YSmLuCa}_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ толщиной 6.8 мкм и намагниченностью $M_s = 20531$ А/м.

Для силы, действующей со стороны магнитного поля на ММ клетку, использовалось дипольное приближение $\mathbf{F}^m = \frac{1}{2} \chi \mu_0 V \nabla H^2$. Следовательно, $F_x^m \propto \frac{1}{2} \partial H^2 / \partial x$. В расчётах $\chi = 0,005$. Плёнка состояла из 256 доменов. Начальная точка выбиралась достаточно далеко от границы системы, чтобы избежать влияния краевых эффектов.

На рис. 1 приведены зависимости $\frac{1}{2} \partial H^2 / \partial x$ для двух значений внешнего магнитного поля $B_z^+ = B_z \operatorname{sgn} \sin(\pi/2)$ («z-компонента направлена вверх») и $B_z^- = B_z \operatorname{sgn} \sin(3\pi/2)$ («z-компонента направлена вниз»). При малой частоте внешнего поля клетка движется от одного положения покоя (точка А) к следующему положению покоя (точка В). А именно,

приблизившись достаточно близко слева к точке А под действием силы, помеченной B_z^+ , после изменения внешнего поля, под действием силы, помеченной B_z^- , она будет приближаться слева к точке В.

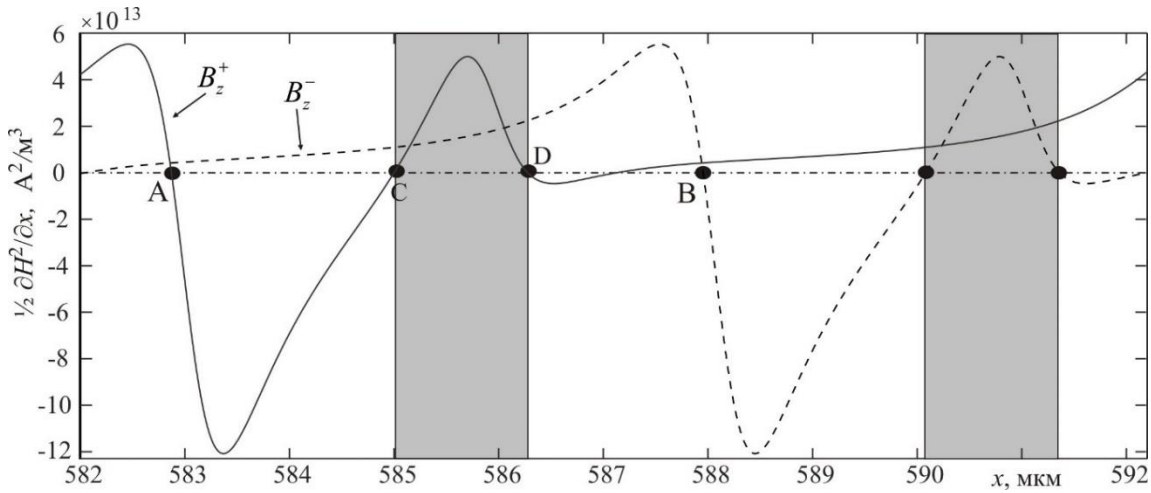


Рис. 1. Зависимость $\frac{1}{2} \frac{\partial H^2}{\partial x}$ от координаты в середине доменной системы

Если до переключения поля она достигнет такой окрестности точки В, что после переключения сила, помеченная B_z^+ , будет положительной, то клетка продолжит движение вправо к точке, которая периодически повторяет точку А, и так далее. С увеличением частоты клетка уже может не достигать левой окрестности точки покоя, в которой после изменения внешнего поля, F_x^m будет положительной, тогда направление движения точки до следующего изменения поля изменится на противоположное. Это приведёт к снижению средней скорости движения клетки. При дальнейшем увеличении частоты внешнего поля координата в момент переключения может попасть в отмеченные серым цветом диапазоны координат. Если возвратных движений не будет, то средняя скорость будет

$$v = \frac{1}{3} \lambda \frac{\omega}{2\pi}. \quad (1)$$

На рис. 2 приведены зависимости средней скорости от частоты и траектории для некоторых частот. На начальном участке результаты моделирования средней скорости удовлетворяет соотношению $v = \lambda\omega/(2\pi)$ (рис. 2б). Затем наступает участок резкого убывания (рис. 2в, г, д). После идёт участок линейного роста (рис. 2е). С точностью погрешности вычислений скорость на этом участке удовлетворяет соотношению (1).

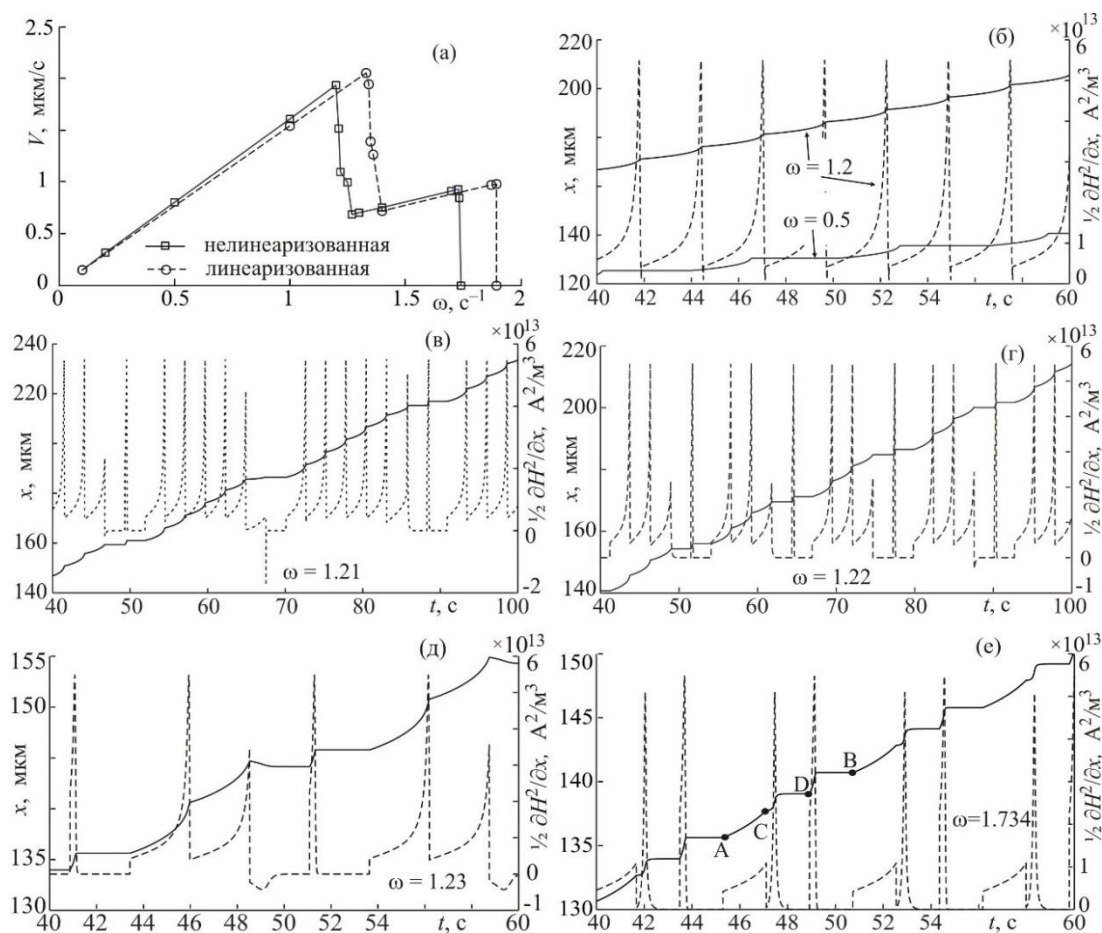


Рис. 2. Зависимости средней скорости от частоты (а) и для некоторых частот траектории (левая ось ординат, сплошная линия) и зависимости $\frac{1}{2} \frac{\partial H^2}{\partial x}$ от времени (правая ось, пунктирная линия) (б)–(е).

При малых диаметрах клетки или высоких значениях нормальной компоненты индукции внешнего поля для нелинеаризованной, и для линеаризованной зависимости ширины доменов от нормальной компоненты индукции поля наблюдается два участка практически линейного возрастания средней скорости от круговой частоты.

Исследования проводились в рамках государственного задания (регистрационный номер 124012400345-8).

Список литературы

1. Colloidal transport on magnetic garnet films. / P. Tierno, F. Sagués, T. H. Johansen, T. M. Fischer // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2009. – Vol 11, No 42. – P. 9615–9625. – DOI 10.1039/B910427E
2. Губарев, А. А. Численное моделирование перемещения парамагнитных частиц над полосовой структурой магнитных доменов / А. А. Губарев, Ю. А. Легенький, С. В. Беспалова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 39–49. – EDN ZSDBHM.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОГРУЖНОГО ЗОНДА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Корижский Д.В.,

Романчук С.М., канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

kordan0502@mail.ru, s.romanchuk@donnu.ru

Для поддержания безопасного экологического состояния промышленных регионов мира необходим постоянный мониторинг показателей окружающей среды.

Современные средства мониторинга базируются на микроконтроллерных электронных системах.

Цель – разработать программное обеспечение для автономного погружного зонда, предназначенного для профилирования водных горизонтов, регистрации физико-химических и биологических показателей водной среды, а также выполнения задач экологического мониторинга водных объектов.

В связи с разработкой на базе СКТБ «Турбулентность» ДонГУ автономного погружного зонда для мониторинга состояния водных объектов возникла необходимость в разработке программного обеспечения для автономного погружного зонда мониторинга состояния водных объектов.

Для автономной работы зонд должен управляться микроконтроллером, разработка программного обеспечения для которого стала одной из ключевых задач.

Зонд оснащён рядом датчиков для измерения скорости течения, мутности, степени насыщения воды кислородом, флуориметра и прочих параметров воды. Перемещаясь по вертикально натянутому между бум и якорем тросу, зонд собирает данные по всему профилю глубины. Положение зонда в водном горизонте определяется при помощи датчика давления.

Предусмотрено три режима работы зонда:

1) ручной – перемещение зонда, передача данных, опрос датчиков выполняются под непосредственным управлением пользователя;

2) полуавтоматический – пользователь выбирает режим автоматической работы зонда, задаёт параметры перемещения, частоту остановок и опроса датчиков. При этом пользователь полностью осведомлён о действиях зонда и полученных данных на протяжении всего пути и может внести корректировки в работу зонда в любой момент. Описанные режимы предназначены для управления по кабелю и требуют постоянного наблюдения пользователя;

3) автономный – режим предназначен для управления по беспроводному каналу при помощи LoRaWAN [1]. Дальность передачи данных по беспроводной связи на открытой местности – до 3 км. Пользователь задаёт параметры работы и перемещения перед погружением, после чего зонд начинает автономное измерения профиля глубины. Находясь под водой, зонд недоступен для команд пользователя до завершения работы и выхода на поверхность.

Управление зондом осуществляется с персонального компьютера с установленной системой Windows или Linux. Программа управления написана на языке Python и обладает графическим интерфейсом, при помощи которого осуществляется отправка команд перемещения, переключение режимов, приём и считывание данных датчиков [2].

Обмен командами между программой-оператором и микроконтроллером на зонде осуществляется при помощи протокола Modbus [3].

Каждый пакет данных состоит из адреса устройства, режима команды (чтение или запись), регистра устройства, значения запрошенного параметра или посылки и контрольной суммы CRC. Контрольная сумма рассчитывается исходя из всего объёма пакета данных и является уникальной для него, что позволяет определить целостность посылки и избежать приёма некорректных данных или случайной реакции на посторонний шум в эфире.

Опрос датчиков осуществляется в режиме реального времени по прерыванию таймера. Полученные данные записываются в определённом порядке в общую посылку и передаются одним пакетом. В автономном режиме все собранные данные записываются на встроенную SD-карту памяти.

При запуске автономного режима пользователь устанавливает частоту остановок, количество циклов опроса датчиков, задержку между опросами и конечную точку движения зонда. В процессе движения выполняется опрос всех датчиков, работа которых не требует стабильного положения зонда. Опрос всего набора датчиков осуществляется только во время остановок. Пользователь перед запуском может отключить опрос датчиков, параметры которых в данный момент ему не нужны.

Для опроса флуориметра используется отдельная функция, поскольку время измерения и объём данных данного датчика значительно больше, чем у других. Опрос флуориметра осуществляется только при полной остановке зонда, при этом опрос других датчиков на это время прекращается. В ходе опроса данные снимаются частями по 512 байт за один пакет. В автономном режиме полученный пакет данных флуориметра записывается на встроенную SD-карту.

После достижения зондом указанной конечной точки глубины, начинается движение вверх без остановок.

Измерение всех датчиков, кроме датчика давления также прекращается.

По достижению поверхности зондом двигатель несколько секунд продолжает вращение, пока значение давления не станет неизменным, чтобы избежать преждевременной остановки.

После остановки зонд посылает запрос на передачу данных с периодичностью в 5 секунд.

Запросы продолжают отправляться, пока не будет получен ответ программы-оператора на готовность принять данные. Данные считываются с SD-карты и передаются через канал LoRaWAN. Передача данных флуориметра осуществляется фрагментарно по 256 байт.

После завершения передачи данных зонд сообщает о готовности повторить работу в выбранном режиме с установленными или новыми параметрами по выбору пользователя.

Разработанное программное обеспечение прошло ряд лабораторных и полевых испытаний в прибрежных водах Азовского моря возле н.п. Мелекино.

Все заявленные режимы работы зонда отлажены и работают без сбоев интерфейс программы отличается своей простотой и наглядностью, что делает доступным разработанный зонд и программное обеспечение для широкого круга специалистов, не имеющих навыков области программирования.

Исследования проводились в рамках государственного задания «Разработка интеллектуальных систем анализа и прогнозирования состояния природно-технических объектов» (номер госрегистрации 124012400344-1).

Список литературы

1. Coutinho, M. An Efficient Adaptive Data-Link-Layer Architecture for LoRa Networks / M. Coutinho, J. A. Afonso, S. F. Lopes // Future Internet. – 2023. – Vol. 15, No. 8. – P. 273. – DOI 10.3390/fi15080273. – EDN YTERAQ.
2. Rana, Y. Python: Simple though an Important Programming language / Y. Rana // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2019. – Vol. 6, No 2/ – P. 1856–1858. – e-ISSN: 2395-0056. – p-ISSN: 2395-0072.
3. The Modbus Protocol In-Depth. – Текст : электронный // Discover NI's next-generation USB DAQ hardware: [сайт]. – URL: <https://www.ni.com/en/shop/seamlessly-connect-to-third-party-devices-and-supervisory-system/the-modbus-protocol-in-depth.html> (дата обращения 01.10.2025).

«БИОМЕХАНИКА ЖИВЫХ СИСТЕМ» – УНИКАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ НА ЮГЕ РОССИИ

Корниенко В.О., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-7728-8116

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

kornienkovo@mail.ru

Механическая устойчивость древесных растений – важная составляющая целостности и функциональности не только дендроценозов различной иерархии, но и экосистем в целом.

За последние три десятилетия вопросы механической устойчивости древесных растений в условиях городских ландшафтов приобретают всё большую актуальность. Способность насаждений и отдельно стоящих деревьев противостоять динамическим воздействиям и статическим нагрузкам, таким как ветровалы, снежные бури и ледяные дожди, является определяющим фактором их долговечности и полноценного выполнения ими экологических, эстетических и социальных функций. Критическим фактором, подвергающим городские зелёные насаждения риску механических повреждений, остаётся изменение климата и антропогенное загрязнение территорий (в том числе новыми типами). Эти разрушительные силы не только наносят ощутимый экологический и экономический ущерб лесному хозяйству, но и представляют непосредственную угрозу безопасности населения, подчёркивая важность всестороннего изучения проблемы и разработки эффективных стратегий при озеленении урбанизированной среды, повышения устойчивости лесных экосистем, лесополос различного назначения и т.д.

Принципы биомеханики служат основой для расчёта критических нагрузок, действующих на скелетные ветви и стволы деревьев. Механическая устойчивость растений зависит совокупности факторов: морфологии и архитектоники кроны, структуры корневой системы, физико-механических свойств тканей живых растений, степени повреждения органов вредителями, плотности древесины, плотности древостоя, направления действующей нагрузки, уровня влажности древесины, возраста дерева, а также условий его произрастания, включая состав почвы и климатические особенности территории. Эти факторы в совокупности формируют сложную систему взаимосвязей, определяющую способность дерева противостоять внешним воздействиям.

Полевые испытания и дальнейшее моделирование процессов устойчивости базируется на физико-механических свойствах именно живых растений и категорически отличается от расчётов, применяемых для технической древесины. В этом и состоит принципиальный

методологический подход научного направления «Биомеханика живых систем».

Основы научного направления были заложены в 2014 году, а первые результаты представлены на I Международной научной конференции «Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности» (Донецк, 16-18 мая 2016 г.) в докладе Корниенко В.О. «Изучение влияния циклического замораживания на механические свойства древесных растений». За время работы научного направления опубликовано 78 научных статей в журналах и 35 статей в сборниках трудов конференции (учитывались только данные из библиотеки elibrary.ru) из них: 51 статья из Перечня ВАК РФ, 10 высокорейтинговых статей из Белого списка, RSCI, Scopus, WoS (в том числе в ведущих журналах мира с IF>4.0, CiteScore>7). Результаты работы запатентованы, получено 3 патента на изобретение, зарегистрированы 2 базы данных и 1 программа для ЭВМ. Опубликовано 2 монографии и защищена 1 кандидатская диссертация.

Основные фундаментальные результаты, полученные в рамках научного направления «Биомеханика живых систем»:

- впервые с позиций биомеханики описан механизм ответной реакции древесных растений (на примере *Juniperus virginiana* L. [1] и *Fagus sylvatica* L. [2]) на изменение климата в регионе. Предлагаемая схема масштабируема и охватывает обширные территории, потенциально выходя за рамки Донбасса и находя применение в разнообразных регионах Российской Федерации, а также других стран мира;

- впервые установлена фундаментальная взаимосвязь между воздействием экологических факторов, изменением биомеханических свойств органов древесных растений и последующими экологическими последствиями, которые находят своё отражение в общем состоянии и трансформации дендроценозов [1];

- впервые выявлен и описан эффект памяти тканей у живых растений *Taxus baccata* L. в условиях изменяющегося климата Донбасса [3]. Многолетние исследования позволили научно обосновать и рекомендовать к экспериментальному внедрению в городское озеленение и лесовосстановление *Taxus baccata* L. как доминирующей породы, способной сформировать устойчивые и эстетически привлекательные лесные массивы.

- на основе мультидисциплинарного подхода даны эколого-биологические и лесоводственно-таксационные характеристики основных древесных видов Донбасса 16 семейств [4, 5]. Характеристики включают: критический возраст для региона, физико-механические свойства тканей живых растений, механическая устойчивость (по ряду параметров), морфометрические параметры растений включая особенности архитектоники кроны;

– впервые оценены онтогенетические изменения показателя жёсткости на изгиб (EI) как параметра механической устойчивости деревьев [6];

– доказано, что антропогенное загрязнение приводит к снижению общей механической устойчивости (по параметрам EI, P_{cr} , m_{cr} , RRB) древесных растений;

– получены новые знания о связи температурных циклических эффектов с механической устойчивостью древесных растений;

– впервые установлены отдалённые радиобиологические эффекты, отражающиеся на механической устойчивости и целостности дубрав;

– с 2024 года начаты исследования по оценке экоцида территорий Донбасса в связи с военными действиями: уже получены новые знания по состоянию лесных экосистем, механической устойчивости дендроценозов, оценены каскадные процессы выпадения древесных растений, запускаемые ударной вибрационно-акустической волной.

Исследование выполнено в рамках деятельности молодёжной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость можжевельника виргинского в условиях степной зоны восточно-Европейской равнины / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев // Лесоведение. – 2024. – № 1. – С. 70-78. – DOI 10.31857/S0024114824010084. – EDN SLLJXY.
2. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость *Fagus sylvatica* L. в условиях юга Восточно-Европейской равнины: теория потери устойчивости / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 2. – С. 42-51. – DOI 10.55355/snv2024132104. – EDN EJFASI.
3. *Taxus baccata* L. Under Changing Climate Conditions in the Steppe Zone of the East European Plain / V. Kornienko, A. Shkirenko, V. Reuckaya [et al.] // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14131970. – EDN UTZUUC.
4. Silvicultural and Ecological Characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a Key Introduced Species in the Urban Dendroflora of Industrial Cities / V. Kornienko, V. Reuckaya, A. Shkirenko [et al.] // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14132052. – EDN DRDBQF.
5. Korniyenko, V. O. Impact of Natural Climate Factors on Mechanical Stability and Failure Rate in Silver Birch Trees in the City of Donetsk / V. O. Korniyenko, V. N. Kalaev // Contemporary Problems of Ecology. – 2022. – Vol. 15, No. 7. – P. 806-816. – DOI 10.1134/s1995425522070150. – EDN EUVZMY.
6. Корниенко, В. О. Онтогенетические изменения механической устойчивости основных видов древесных растений в экосистемах города Донецка / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 30-38. – DOI 10.55355/snv2024131104. – EDN LYEGSZ.

МОДИФИКАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОМАРКИРОВАННЫХ КЛЕТОК НАД РЕШЕТКОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ДОМЕНОВ

Павлов В.Н.¹, ORCID 0000-0001-6716-5553,
Легенький Ю.А.¹, ORCID 0009-0007-7571-8091,
Солопов М.В.², ORCID 0000-0001-7053-4428,
Турчин В.В.², ORCID 0000-0002-6461-4904

¹ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ,

² ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ

v.russian@yandex.ru, yu-legen@mail.ru, mxsolopov@yandex.ru, turchin.dn@mail.ru

Для получения управляемого движения магнитомаркированных (ММ) клеток в устройствах типа «lab on chip» с использованием в качестве подложек плёнок феррита-граната (ПФГ) с доменными структурами, над которыми и происходит перемещение ММ клеток, для формирования управляющих движением ММ клеток внешних полей обычно используются установки с магнитной системой взаимно ортогональных катушек, управляемых мощными генераторами импульсных, или синусоидальных сигналов [1, 2]. Пара взаимно ортогональных горизонтальных катушек создают поля в направлениях параллельных осям X и Y , вертикальная катушка создаёт поле в направлении Z , перпендикулярном плоскости XY . Исследуемый образец располагается в плоскости XY в геометрическом центре системы катушек.

В случае подложки с полосовой доменной структурой для получения направленного одномерного движения ММ клеток достаточно согласованной по определённому закону работы одной из горизонтальных и вертикальной катушек [1]. Но, если необходимо организовать двумерное перемещение по подложке в любом направлении, потребуется использование ПФГ с решёткой цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) [2] и согласованная работа всех трёх катушек, что создаёт неудобства в настройке управляющих генераторов.

Цель данной работы – создание устройства, позволяющего осуществлять управляемое движение ММ клеток над подложкой из феррит-гранатовой плёнки с гексагональной решёткой ЦМД в режиме реального времени в любом направлении плоскости XY .

Принцип работы. На рис. 1 представлены графики вертикальной $B_z(t)$ и горизонтальной $B_{xy}(t)$ составляющих индукции внешнего управляющего магнитного поля, создаваемой вертикальной катушкой и системой горизонтальных катушек для получения направленного движения

клеток в плоскости ХУ. На рис. 1 $B_{XY}(t)$ это модуль вектора $\vec{B}_{XY}(t)$, лежащего в плоскости ХУ, рассчитываемый по формуле (1) и определяющего направление движения клеток:

$$B_{XY}(t) = \sqrt{B_X(t)^2 + B_Y(t)^2}. \quad (1)$$

Здесь $B_X(t)$ и $B_Y(t)$ составляющие вектора $\vec{B}_{XY}(t)$ вдоль осей Х и У. От соотношения величины и фазы $B_X(t)$ и $B_Y(t)$ зависит направление движения ММ клеток в плоскости ХУ.

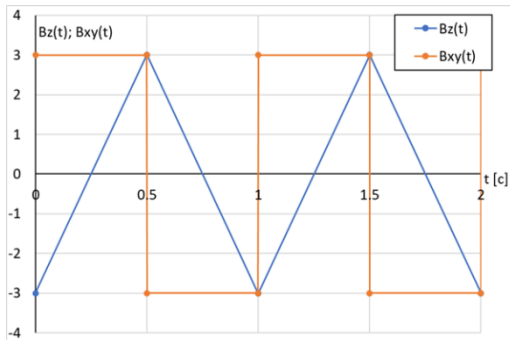


Рис. 1. Графики индукции, создаваемой вертикальной, $-B_Z(t)$ и системой горизонтальных, $-B_{XY}(t)$ катушек. В данном примере используются временные формы меандр и треугольник, сдвинутые друг относительно друга на 90°

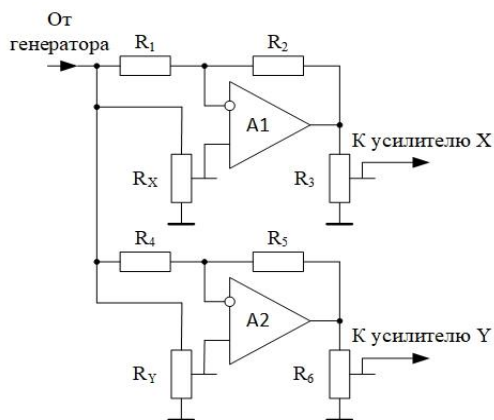


Рис. 2. Упрощённая схема устройства расщепления сигнала

создающими составляющие $B_X(t)$ и $B_Y(t)$. Рассмотрим канал X, собранный на усилителе A1. В литературе такая схема известна как «Биполярное усилительное звено» [3].

Величины сопротивлений R_1 и R_2 равны, поэтому схема работает в режиме повторителя напряжения (коэффициент усиления равен 1). В зависимости от положения движка потенциометра R_X коэффициент

усиления будет изменяться от -1 (влево) до 1 (вправо) в крайних положениях и 0 (на месте), – в среднем положении.

Канал Y идентичен каналу X . Потенциометр R_Y определяет направление движения по Y (вперёд – назад). Потенциометры R_3 и R_6 нужны для калибровки катушек, подключённым к каналам. Движки потенциометров R_X и R_Y , расположенных перпендикулярно друг к другу, связаны системой передач так, что позволяют управлять ими одним рычагом джойстика и соответственно направлением движения ММ клеток.

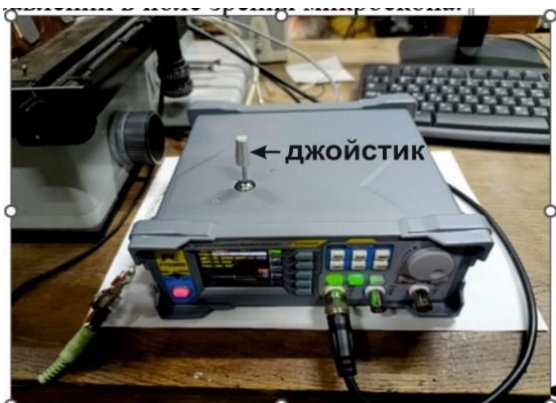


Рис. 3. Фотография системы управления движением ММ клеток с помощью джойстика

Создано и опробовано устройство (рис. 3), подключаемое к установке, описанной в [2], позволяющее гибко, в режиме реального времени, управлять движением ММ клеток в произвольном направлении.

Точность позиционирования ММ клеток составляет величину порядка диаметра ЦМД. В данном исследовании для использованной в качестве подложки феррит-гранатовой плёнки эта величина ≈ 5 мкм.

Исследования проводились в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (регистрационный номер 124012400345-8) в части разработки установки и государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации (регистрационный номер 125050605790-0) в части работ с ММ клетками.

Список литературы

1. Павлов, В.Н. Использование магнитного храповика для перемещения магнитомаркированных клеток над полосовой доменной структурой / В.Н. Павлов, Ю.А. Легенький, С.В. Беспалова // Вестник Донецкого национального университета, Серия А: Естественные науки. – 2024. – №1. – С. 113–123.
2. Павлов, В.Н. Особенности управления движением магнитомаркированных клеток над решеткой цилиндрических магнитных доменов. / В.Н. Павлов, Ю.А. Легенький, А.А. Губарев, С.В. Беспалова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2024. – №4. – С. 83–93.
3. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство / У. Титце, К. Шенк. – Москва: МИР, 1983. – 512 с.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА, ПОЧВЫ И ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Реуцкая В.В., ORCID 0009-0000-4031-7764

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

reutskaya_valeria@mail.ru

Городская среда, характеризующаяся высокой концентрацией населения, развитой инфраструктурой и интенсивным транспортным движением, представляет собой сложную экосистему, в которой природные компоненты, включая древесные растения, подвергаются значительному антропогенному воздействию [1-3]. Загрязнение воздуха и почвы, фрагментация среды обитания создают комплекс стрессовых факторов, влияющих на состояние и видовое разнообразие городских насаждений [1-7]. В связи с этим, изучение механизмов адаптации древесных растений к условиям урбанизированной среды имеет важное теоретическое и практическое значение для обеспечения устойчивого развития городов. Данный обзор посвящён анализу современных исследований, посвящённых оценке влияния антропогенных факторов на физиологическое состояние и ростовые характеристики древесных растений в городской среде.

Цель работы – на основе анализа современной литературы, получить данные о влиянии различных антропогенных факторов (загрязнение воздуха и почвы, шумовое воздействие) на состояние, морфометрические характеристики и видовое разнообразие древесных растений, произрастающих в урбанизированной среде.

В работе Dadkhah-Aghdash H. и соавторов [4] исследовалось влияние загрязнения воздуха на состояние *Morus alba*, *Ailanthus altissima* и *Salix babylonica* в Тегеране. Оценка проводилась на основе физиологических и биохимических показателей листьев, таких как содержание хлорофилла, относительное содержание воды (RWC), концентрация аскорбиновой кислоты, активность антиоксидантных ферментов и содержание неферментативных антиоксидантов. Рассчитывался индекс устойчивости к загрязнению воздуха (APTI). Результаты показали, что *M. alba* обладает наибольшей устойчивостью к загрязнению, что связано с высокой концентрацией пролина и нейтральным pH экстрактов листьев. Авторы рекомендуют использовать *M. alba* для озеленения городов с высоким уровнем загрязнения воздуха. В целом, исследование подчёркивает важность выбора устойчивых видов для создания устойчивых городских зелёных насаждений.

Работа Kabir, M. и соавторов [5] посвящена изучению влияния загрязнения почвы автомобильными выбросами на рост *Acacia nilotica*,

Albizia lebbbeck и *Eucalyptus globulus*. Эксперимент показал, что загрязнённая почва негативно влияет на рост и развитие саженцев, приводя к уменьшению длины корней и побегов, площади листьев и биомассы. Однако, устойчивость видов к загрязнению различалась, *A. nilotica*, выращенная на почве из одного района, проявила большую устойчивость, в то время как *A. lebbbeck* лучше росла на почвах из других районов. Авторы отмечают, что листья могут служить индикатором загрязнения. Важно, что состав загрязнителей и их концентрация может варьироваться в зависимости от местоположения, что и объясняет разницу в ростовых показателях. Исследование подчёркивает необходимость учитывать влияние загрязнения почвы при выборе видов для озеленения придорожных территорий.

Исследование Phillips, J. N. и соавторов [6] посвящено изучению влияния антропогенного шума от компрессорных станций на древесно-кустарниковые сообщества в Нью-Мексико. Анализ данных за 2007 и 2019 годы (на ~15% участков шумовых и контрольных зон) выявил негативное воздействие шума на рост саженцев сосны и можжевельника, а также на равномерность распределения видов. Установлено, что длительное шумовое воздействие привело к замедленному восстановлению участков (на ~20%), что указывает на долгосрочные последствия. Смена сообщества на ~30% объясняется именно шумовым воздействием. Исследование подчёркивает, что шумовое загрязнение влияет на процессы на уровне экосистемы, а также при оценке влияния шумового загрязнения на лесные экосистемы и демонстрирует сложные взаимосвязи между шумовым воздействием, ростом древесных насаждений и видовым разнообразием.

Iqbal, M и др. [7] исследовали воздействие автомобильного загрязнения на содержание хлорофилла в листьях *Azadirachta indica*, *Conocarpus erectus*, *Guaiacum officinale* и *Eucalyptus* sp. в Карачи (Пакистан). Измерения проводились на контрольном участке (кампус университета) и в трех загрязнённых районах: аэропорт, Малир-Хальт и Куайдабад. Результаты выявили значительные различия ($p < 0,05$) в содержании хлорофилла "a", "b" и общего хлорофилла между загрязнёнными и контрольными участками. Наибольшее снижение общей концентрации хлорофилла наблюдалось в листьях *A. indica* (37,76 %) в Куайдабаде. Наименьшее снижение (0,81 %) зафиксировано в листьях *Eucalyptus* sp. на территории аэропорта. Авторы связывают снижение содержания хлорофилла с отложением частиц свинца и сажи на поверхности листьев, что приводит к закупорке устьиц и снижению скорости фотосинтеза. Кроме того, тяжёлые металлы, особенно свинец, оказывают негативное воздействие на физиологические процессы в растениях.

Проведённый анализ литературных данных подтверждает негативное влияние антропогенных факторов на древесные растения, произрастающие в городской среде. Загрязнение воздуха, как показано в исследовании Iqbal,

М и др. [7], может приводить к снижению содержания хлорофилла в листьях на величину до 37,76 % у чувствительных видов, таких как *Azadirachta indica*. Загрязнение почвы, в свою очередь, отрицательно сказывается на росте и развитии саженцев [5]. Шумовое загрязнение, согласно Phillips, J. N. и соавторов [6], замедляет восстановление лесных участков на ~20 % и вызывает смену сообществ на ~30 %. Таким образом, для обеспечения устойчивости городских зелёных насаждений необходимо учитывать комплексное воздействие антропогенных факторов и выбирать устойчивые виды, такие как *Morus alba*, для озеленения территорий с высоким уровнем загрязнения [4].

Исследование выполнено в рамках деятельности молодёжной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость древесных пород и рекомендации по предотвращению их аварийности в городских насаждениях / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев. – Воронеж: Роза ветров, 2018. – 92 с. – ISBN 978-5-905181-21-4. – EDN XUYBFR.
2. Корниенко, В. О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): специальность 15.15.00: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Корниенко Владимир Олегович, 2022. – 166 с. – EDN QYUEPJ.
3. Корниенко, В. О. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка / В. О. Корниенко, Л. В. Хархота // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 46-51. – DOI 10.55355/snv2023122107. – EDN BATLWA.
4. Dadkhah-Aghdash, H Detection of urban trees sensitivity to air pollution using physiological and biochemical leaf traits in Tehran / H. Dadkhah-Aghdash, M. Rasouli, K. Rasouli, A. Salimi // Iran. Sci Rep. – 2022. – Sep. 13;12(1). – P. 15398. DOI 10.1038/s41598-022-19865-3. – PMID: 36100647. – PMCID: PMC9470701
5. The impact of automobile polluted soil on seedling growth performance in some higher plants / M. Kabir, T. Noreen, M. Z. Iqbal [et al.] // Journal of Plant Development. – 2022. – Vol. 29, No. 1. – P. 103-115. – DOI 10.47743/jpd.2022.29.1.911. – EDN LCDGHK.
6. Phillips, J. N. Long-term noise pollution affects seedling recruitment and community composition, with negative effects persisting after removal / J. N. Phillips, S. E. Termondt, C. D. Francis // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2021. – Vol. 288, No. 1948. – P. rspb.2020.2906. – DOI 10.1098/rspb.2020.2906. – EDN AQVSSF.
7. Effect of automobile pollution on chlorophyll content of roadside urban trees. / M. Iqbal, M. Shafiq, S. Zaidi, M. Athar // Global Journal of Environmental Science and Management. – 2015. – № 1(4). – P. 283-296. – DOI10.7508/gjesm.2015.04.003

ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ *POPULUS BOLLEANA* L. ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ГОРОДЕ ДОНЕЦКЕ

Реуцкая В.В., ORCID 0009-0000-4031-7764

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
reutskaya_valeria@mail.ru

Древесные растения играют ключевую роль в поддержании экологического равновесия и биоразнообразия, обеспечивая жизненно важные экологические функции. Их жизнеспособность находится под угрозой в связи с возрастающими антропогенными факторами [1-6], которые вызывают нарушение физиологических и морфологических адаптационных механизмов деревьев [2, 3]. Комплексное воздействие данных факторов оказывает негативное влияние на состояние городских дендроценозов и требует детального изучения для разработки эффективных мер по сохранению и восстановлению зелёных насаждений [5,6].

Целью данной работы является оценка жизнеспособности *Populus bolleana* L., произрастающих на проспекте Павших Коммунаров и ул. Университетской г. Донецка.

Объектами исследования являлись деревья вида *Populus bolleana*, высаженные в первом ряду вдоль автомагистралей. Возрастная категория: 45-50 лет. Оценка устойчивости древесных растений к антропогенному воздействию проводилась по показателям морфологических повреждений ствола и кроны, и жизнеспособности. Оценка состояния популяции *Populus bolleana* L. проводилась на двух крупных автомагистралях города. Общее количество обследованных деревьев составило 228 экземпляров. Оценка жизнеспособности проводилась по интегральной шкале В.А. Алексеева.

На проспекте Павших Коммунаров доминировали деревья, отнесённые к категории сильно повреждённые/сильно ослабленные (3 б.) – 55%. К сожалению, жизнеспособность значительной доли деревьев оценивалась 5 баллами – 22 %, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии части популяции. Деревья с оценкой в 2 балла (повреждённые) составляли 19 %, а 4 балла (отмирающие деревья) – 4 %. Кронированные деревья составляли 1 %. На улице Университетской преобладали деревья, оценённые 2 баллами (повреждённые/ослабленные) – 41 %. Деревья с признаками существенного угнетения (3 балла) составляли 30 %. Здоровые (1 балл) и засохшие деревья (5 баллов) составляли 7 % и 15 % соответственно.

Средние значения диаметра ствола на высоте 1,3 м составили 50,42 см (проспект Павших Коммунаров) и 50,83 см (улица Университетская).

Средняя высота деревьев составила 13,87 м (проспект Павших Коммунаров) и 14,4 м (улица Университетская).

Результаты оценки жизнеспособности *P. bolleana*, произрастающих в г. Донецке указывают на негативное влияние антропогенных факторов на дендроценозы. Преобладание ослабленных и сильно повреждённых деревьев, с высоким процентом сухостоя, отражает воздействие комплекса неблагоприятных факторов. К ним можно отнести загрязнение воздуха от автотранспорта, дефицит влаги в периоды летней засухи, колебания температур в зимний период, а также воздействие вибрации и акустического шума.

Исследование выполнено в рамках деятельности молодёжной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Корниенко, В. О. Деревья *Populus* L. в условиях урбанизированной среды Донецка / В. О. Корниенко, В. В. Реуцкая // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 24-34. – DOI 10.5281/zenodo.15005606. – EDN MOGDEG.
2. Silvicultural and Ecological Characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a Key Introduced Species in the Urban Dendroflora of Industrial Cities / V. Kornienko, V. Reuckaya, A. Shkirenko [et al.]. // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14132052. – EDN DRDBQF.
3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623667 Российская Федерация. Эколого-биологические особенности и реакция древесно-кустарниковых интродуцентов в зеленых насаждениях городов Донбасса на климатотехногенный прессинг: заявл. 19.08.2025: опубл. 05.09.2025 / В. О. Корниенко, И. Ф. Пирко, А. О. Шкиренко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет». – EDN IVJEIB.
4. Корниенко, В. О. эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка / В. О. Корниенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 44-54. – DOI 10.5281/zenodo.15088293. – EDN PQWUJS.
5. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. С. Яицкий, А. О. Шкиренко // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 4. – С. 26-32. – DOI 10.55355/snv2024134104. – EDN BXIKNX.
6. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, В. В. Реуцкая [и др.] // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 19-29. – DOI 10.55355/snv2025142103. – EDN MUFKAZ.

ОЦЕНКА МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СЕГМЕНТАЦИИ МИКРОФОТОГРАФИЙ МЕЗЕНХИМНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК

Солопов М.В.¹, ORCID 0000-0001-7053-4428,
Чечехина Е.С.², ORCID 0000-0002-5377-2712,
Кавелина А.С.¹, канд. мед. наук, ORCID 0000-0002-0935-5065,
Акопян Г.В.¹, ORCID 0009-0004-9302-4999

¹ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
г. Москва, РФ

mxsolopov@yandex.ru

Мезенхимные стволовые клетки (МСК) являются важнейшим ресурсом в регенеративной медицине из-за их способности к самообновлению, дифференцировке и иммуномодулирующей активности [1]. Качество культур МСК *in vitro* напрямую влияет на безопасность и эффективность клеточной терапии. Традиционный микроскопический анализ сталкивается с рядом трудностей, таких как субъективизм, высокая трудоёмкость и невозможность динамического наблюдения за живыми клетками без инвазивного окрашивания [2]. Искусственный интеллект, в частности технологии глубокого обучения, предоставляет инструменты для автоматизации и стандартизации анализа изображений клеточных культур [3]. Современные нейросети позволяют решать задачи семантической (выделение областей с клетками) и инстанс-сегментации (разделение отдельных клеток), что необходимо для количественных оценок морфологии и мониторинга культуры [4]. Тем не менее, значительная морфологическая гетерогенность МСК и проблемы, связанные с перекрытием клеток на изображениях с высокой плотностью, остаются серьёзными вызовами для существующих алгоритмов [5].

Цель работы – провести оценку и сравнение производительности ряда современных и базовых моделей глубокого обучения в задачах семантической и инстанс-сегментации микрофотографий МСК. Исследование ставит своей задачей идентифицировать наиболее точные и устойчивые архитектуры для автоматизации анализа в лабораториях, а также выявить ключевые ограничения текущих подходов при работе с изображениями разной клеточной плотности.

Исследование включало решение двух ключевых задач: сравнение моделей для семантической сегментации и оценку подходов для инстанс-сегментации. Работа проводилась на нескольких наборах данных, включая 48 изображений МСК крысы и 320 фазово-контрастных изображений МСК

человека. Все наборы данных были разделены на обучающую и валидационную выборки в соотношении 80% к 20%. Для обучения моделей применялся метод трансферного обучения.

Для задачи семантической сегментации сравнивались четыре популярные архитектуры свёрточных нейронных сетей: U-Net, DeepLabV3+, SegNet и Mask R-CNN. Качество сегментации оценивалось по метрикам коэффициента Дайса (DC) и индекса Жаккара (JI). Модель U-Net продемонстрировала наилучшие результаты, достигнув среднего значения DC 0,876 и JI 0,781. Высокая эффективность U-Net объясняется её архитектурной особенностью – наличием пропускных соединений (skip-connections), которые объединяют признаки с разных уровней свёрточной сети. Это позволяет модели сохранять как низкоуровневые пространственные детали, так и высокоуровневые семантические признаки, что важно для точного восстановления сложных контуров клеток. Модели DeepLabV3+ и Mask R-CNN также показали конкурентоспособные результаты, однако визуальный анализ выявил, что маски, сгенерированные Mask R-CNN, имели менее точные края. Наименее точной оказалась модель SegNet; её упрощённая архитектура, нацеленная на вычислительную эффективность, не передаёт достаточно информации от энкодера к декодеру, что приводит к потере деталей и ошибкам при сегментации объектов со сложной морфологией.

Для инстанс-сегментации клеток было проведено сравнение специализированной модели Mask R-CNN, дообученной на целевом датасете, и фундаментальной модели Segment Anything Model (SAM), которая использовалась без дополнительной настройки. SAM получала в качестве входных подсказок ограничивающие рамки (bounding boxes), сгенерированные моделью Mask R-CNN.

Сравнение проводилось на датасетах с низкой и высокой плотностью клеток.

Результаты показали, что дообученная Mask R-CNN превосходит SAM по метрике mAP на обоих наборах данных:

- 0,64 против 0,61 на изображениях с низкой плотностью и
- 0,31 против 0,26 – с высокой.

Было установлено, что увеличение плотности и степени перекрытия клеток является ключевым фактором, снижающим точность обеих моделей. Примечательно, что на более сложных изображениях с высокой плотностью SAM демонстрировала более высокую среднюю уверенность предсказаний (0,848), чем Mask R-CNN (0,801), несмотря на более низкую точность. Это указывает на то, что фундаментальная модель может с высокой уверенностью генерировать некорректную маску внутри обобщённой ограничительной рамки, если сталкивается со сложными условиями, такими как перекрытие клеток.

Обе модели также недооценивали истинное количество клеток на плотных изображениях, что свидетельствует о пропусках объектов в сложных областях. Таким образом, эффективность SAM напрямую зависит от качества и специфичности входных подсказок, что подчёркивает необходимость доменной адаптации фундаментальных моделей для узкоспециализированных биомедицинских задач.

Проведённое исследование показало, что современные архитектуры глубокого обучения являются мощным инструментом для автоматизации анализа микрофотографий МСК.

Для задач семантической сегментации наиболее эффективной и рекомендуемой для внедрения в лабораторную практику является архитектура U-Net, обеспечивающая высокую точность в определении границ клеточных областей. Для задач инстанс-сегментации специализированные, дообученные модели, такие как Mask R-CNN, на данный момент превосходят универсальные фундаментальные модели типа SAM, используемые без дополнительной адаптации. Ключевой нерешённой проблемой остаётся работа с изображениями высокой плотности, где перекрытие клеток значительно снижает точность сегментации. Полученные результаты важны для разработки автоматизированных систем анализа, способных повысить объективность, воспроизводимость и производительность исследований в области клеточных технологий и регенеративной медицины.

Список литературы

1. A Brief Overview of Global Trends in MSC-Based Cell Therapy / D. Jovic, Y. Yu, H. Li [et al.] // Stem Cell Reviews and Reports. – 2022. – Vol. 18, No. 5. – P. 1525-1545. – DOI 10.1007/s12015-022-10369-1. – EDN RFJIWE.
2. Automated image analysis detects aging in clinical-grade mesenchymal stromal cell cultures / S. Oja, P. Komulainen, A. Penttilä [et al.] // Stem Cell Research and Therapy. – 2018. – Vol. 9, No. 1. – P. 1-13. – DOI 10.1186/s13287-017-0740-x. – EDN ZUKEQW.
3. Artificial-Intelligence-Based Imaging Analysis of Stem Cells: A Systematic Scoping Review / Ju. Issa, M. Abou Chaar, B. Kempisty [et al.] // Biology. – 2022. – Vol. 11, No. 10. – P. 1412. – DOI 10.3390/biology11101412. – EDN LQTYPI.
4. Fully Automated Cultivation of Adipose-Derived Stem Cells in the StemCellDiscovery – A Robotic Laboratory for Small-Scale, High-Throughput Cell Production Including Deep Learning-Based Confluence Estimation / J. Ochs, F. Biermann, T. Piotrowski [et al.] // Processes. – 2021. – Vol. 9, No. 4. – P. 575. – DOI 10.3390/pr9040575. – EDN CFYGGV.
5. Utilization of convolutional neural networks to analyze microscopic images for high-throughput screening of mesenchymal stem cells / M. Liu, X. Du, Ju. Hu [et al.] // Open Life Sciences. – 2024. – Vol. 19, No. 1. – DOI 10.1515/biol-2022-0859. – EDN NAXMJB.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТАРГЕТНОЙ ДОСТАВКИ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК В ОБЛАСТЬ ПЕРЕЛОМА ШЕЙКИ БЕДРА

Солопов М.В.¹, ORCID 0000-0001-7053-4428,

Попандонуло А.Г.¹, д-р. мед. наук, проф., ORCID 0000-0001-9755-1869,

Турчин В.В.¹, ORCID 0000-0002-6461-4904,

Легенький Ю.А.², ORCID 0009-0007-7571-8091,

Беспалова С.В.², д-р физ.-мат. наук, проф., ORCID 0009-0009-4418-1513

¹ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»

Минздрава России, г. Донецк, РФ

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

mxsolopov@yandex.ru

Переломы шейки бедра являются серьёзной клинической проблемой с высоким риском развития асептического некроза из-за нарушения кровоснабжения. Терапия мезенхимными стволовыми клетками (МСК) представляет собой многообещающую стратегию регенерации костной ткани, однако её эффективность ограничена недостаточной концентрацией клеток в зоне дефекта. Магнитно-направленная клеточная доставка, использующая внешнее магнитное поле для удержания МСК, меченных суперпарамагнитными наночастицами оксида железа (SPION), позволяет решить эту проблему. Ключевой инженерной задачей является создание магнитной системы, способной эффективно концентрировать клетки в глубоко расположенных тканях, таких как шейка бедра, преодолевая гидродинамическое сопротивление биологической среды.

Цель исследования – разработать и обосновать параметры и критерии для мультифизической модели захвата магнитно-меченых МСК в костном мозге и на их основе предложить оптимизированную конфигурацию внешней магнитной системы, способной обеспечить эффективную локальную доставку клеток на глубину, соответствующую расположению шейки бедра у человека.

Основная часть. Для моделирования процесса был определён магнитный момент клетки (m_{cell}), который напрямую зависит от эффективности клеточного мечения. Основываясь на данных об использовании высокоэффективных наночастиц USPIO-PAA-GlcN, позволяющих достичь нагрузки до 56,5 пг Fe/клетку при сохранении высокой жизнеспособности [1], расчётный магнитный момент насыщения клетки составил $m_{cell} = 5,38 \cdot 10^{-12} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ [2].

Ключевым барьером для удержания клеток является сила гидродинамического сопротивления (F_{drag}), которая в условиях течения в костном мозге определяется законом Стокса. Наибольшую неопределённость вносит вязкость костного мозга (η), которая, по данным

литературы, может достигать **400 мПа·с** в красном костном мозге проксимального отдела бедра, что в сотни раз превышает вязкость крови [3]. Принимая консервативную оценку скорости вымывания клеток $v=5$ мкм/с, максимальная сила сопротивления, действующая на клетку диаметром 15 мкм, была оценена как $F_{drag,max} \approx 2,83 \cdot 10^{-10}$ Н [4,5].

Условием удержания клетки является превышение магнитной силой (F_{mag}) силы гидродинамического сопротивления. Магнитная сила, действующая на клетку в режиме насыщения, пропорциональна градиенту магнитной индукции (∇B). Из условия $F_{mag} \geq F_{drag,max}$ был рассчитан минимально необходимый градиент поля:

$$(\nabla B)_{req} = \frac{F_{drag,max}}{m_{cell}} = \frac{2,83 \times 10^{-10} \text{ Н}}{5,38 \times 10^{-12} \text{ А} \cdot \text{м}^2} = 53 \text{ Т/м}.$$

Полученное экстремально высокое значение подчёркивает, что высокая вязкость костного мозга является главным физическим препятствием для удержания клеток.

Таргетирование клеток в область шейки бедра требует генерации столь высокого градиента на значительной глубине (до 7 см), что делает традиционные магниты неэффективными из-за быстрого спада силовых характеристик поля с расстоянием [6]. Кроме того, максимальная сила у обычного магнита сосредоточена на его поверхности, что создаёт риск нецелевого захвата клеток в поверхностных тканях. Возможным решением для глубокого и сфокусированного таргетирования является использование массивов Халбаха – специальных конфигураций постоянных магнитов из сплава NdFeB, которые позволяют сконцентрировать поле и его градиент в целевой области. Моделирование показывает, что оптимизированный массив Халбаха способен генерировать градиент силы на глубине до 5 раз больший по сравнению с обычным магнитом аналогичного объёма [7].

Инженерным критерием для проектирования системы является достижение необходимого произведения $B \cdot \nabla B$ на целевой глубине. Принимая, что массив способен создать поле $B=0,5$ Т на глубине 7 см (достаточное для насыщения SPION), целевой параметр для системы составляет:

$$B \cdot (\nabla B)_{req} = 0,5 \text{ Т} \times 53 \text{ Т/м} = 26,5 \text{ Т}^2/\text{м}.$$

Достижение этого критерия возможно при использовании массива Халбаха из высокоэнергетических магнитов NdFeB, но требует дополнительного моделирования для выявления оптимизированной конфигурации.

Проведённое исследование показало, что ключевыми факторами для успешной магнитно-направленной доставки МСК в область перелома шейки бедра являются:

1) достижение максимально возможной нагрузки магнитными наночастицами на клетку (не менее 56,5 пг Fe/клетку) и

2) преодоление экстремально высокого гидродинамического сопротивления, обусловленного вязкостью костного мозга.

Для решения этой задачи требуется создание внешней магнитной системы на основе массива Халбаха, способной сгенерировать произведение $B \cdot \nabla B \geq 26,5 \text{ T}^2/\text{м}$ на глубине до 7 см.

Реализация такой системы позволит не только обеспечить точную локализацию терапевтического агента, но и потенциально стимулировать остеогенную дифференцировку МСК за счёт модулирования механических сигналов.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 125050605790-0).

Список литературы

1. Magnetite Nanoparticles for Stem Cell Labeling with High Efficiency and Long-Term in Vivo Tracking / N. Guldris, B. Argibay, J. Gallo [et al.] // *Bioconjugate Chemistry*. – 2017. – Vol. 28, No 2. – P. 362–370. – DOI 10.1021/acs.bioconjchem.6b00522.
2. Synthesis and Physicochemical Properties of $\text{MnxFe}_3\text{-xO}_4$ Solid Solutions / A.S. Korsakova, D.A. Kotsikau, Y.S. Haiduk, V.V. Pankov // *Condensed Matter and Interphases*. – 2020. – Vol. 22, No 4. – P. 466–472. – DOI 10.17308/kcmf.2020.22/3076.
3. Gurkan, U.A. The Mechanical Environment of Bone Marrow: A Review / U.A. Gurkan, O. Akkus // *Annals of Biomedical Engineering*. – 2008. – Vol. 36, No 12. – P. 1978–1991. – DOI 10.1007/s10439-008-9577-x.
4. Numerical study of interstitial fluid flow behavior in osteons under dynamic loading / T. Liu, B. Xiong, X. Cui, Ch. Zhang // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2025. – Vol. 26, No. 1. – P. 187. – DOI 10.1186/s12891-025-08425-1. – EDN NXPNUQ.
5. Zakariapour, M. Characteristics of Interstitial Fluid Flow along with Blood Flow inside a Cylindrical Tumor: A Numerical Simulation / M. Zakariapour, M.H. Hamed, N. Fatourae // *Acta Scientiarum. Technology*. – 2018. – Vol. 40. – P. 30792. – DOI 10.4025/actascitechnol.v40i1.30792.
6. Open Challenges in Magnetic Drug Targeting / B. Shapiro, S. Kulkarni, A. Nacev [et al.] // *WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology*. – 2015. – Vol. 7, No 3. – P. 446–457. – DOI 10.1002/wnan.1311.
7. Sarwar, A. Optimal Halbach permanent magnet designs for maximally pulling and pushing nanoparticles / A. Sarwar, B. Shapiro, A. Nemirovski // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2012. – Vol. 324, No. 5. – P. 742–754. – DOI 10.1016/j.jmmm.2011.09.008. – EDN XZBVYK.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *QUERCUS ROBUR* L. В БИОИНДИКАЦИОННЫХ МЕТОДАХ ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ ЭКОТОПОВ

Шкиренко А.О., ORCID 0009-0007-7469-784X

Корниенко В.О., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-7728-8116

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
alyona.shkirenko@mail.ru, kornienkovo@mail.ru

В условиях современного экологического кризиса и усиленного антропогенного воздействия на природные экосистемы актуальность поиска эффективных методов оценки состояния экотопов приобретает особое значение. Биотические индикаторы, обладающие высокой чувствительностью к различным изменениям, широко используются для мониторинга состояния природных территорий, выявления нарушений и определения степени экологической деградации [5]. К биоиндикаторам относят большинство древесных растений, в частности, вид *Quercus robur* L., который является основной лесообразующей породой на территории Донбасса [3]. Этот вид обладает высокой устойчивостью к ряду стрессовых факторов и способен отражать сигналы окружающей среды через морфологические, физиологические и биохимические показатели [6]. Применение аборигенного вида *Q. robur* в качестве биоиндикатора позволяет объективно оценить изменения в экотопах, особенно в условиях боевых действий [1–4, 6].

Настоящее исследование посвящено оценке экоцида территорий Донбасса, с особым акцентом на уязвимые лесные массивы. В рамках работы проводился углублённый анализ стабильности развития дендроценозов, подвергшихся деструктивному воздействию антропогенных факторов, включая боевые действия и пожары. Эти факторы оказывают существенное негативное влияние на растительный покров региона, нарушая естественные процессы восстановления и устойчивость экосистем.

Объектом исследования является *Q. robur* L. Для оценки уровня стресса использовали один из основных методов биоиндикации – метод флуктуирующей асимметрии (ФА), который представляет количественную оценку отклонений от нормальной симметрии в морфологических характеристиках. Измерения показателя ФА листьев осуществляли по схеме Гераськиной Н.П. [7]. Территория исследований включала Волновахский район ДНР: «Мариупольская лесная дача» – участок 1 и 3; «Станция экспериментального ландшафтного и зелёного строительства» – участок 2, а также «Великоанадольский лес» – участок 4.

В результате проведенных исследований установлено, что растения на всех исследуемых участках подверглись сильному стрессу в следствии воздействия антропогенных факторов. По интегральному показателю стабильности развития, дендроценозы на участках №1, 3 и 4 находились в критическом состоянии (для участка №1 ФА листовых пластин составляла 0.086 ± 0.008 , и оценивалась в V баллов; участок №3 – $0,086 \pm 0,039$ (V баллов); участок №4 – $0,095 \pm 0,025$ (V баллов)). Дубрава на участке №2 (ФА листовых пластин составляла $0,072 \pm 0,031$, III балла) менее подвергалась стрессовым факторам, но также испытывает значительную антропогенную нагрузку.

Таким образом, способность организма к стабильному развитию без нарушений является чувствительным индикатором состояния экотопов. Интенсивное воздействие боевых действий, оказывая деструктивное влияние на лесные массивы и комплексное состояние экосистемы, закономерно приводит к снижению жизнеспособности организмов.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (номер госрегистрации 124051400023-4).

Список литературы

1. Корниенко, В. О. Состояние деревьев *Quercus robur* L., произрастающих в различных экотопах города Донецка / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 3. – С. 31-38. – DOI 10.55355/snv2024133105. – EDN CRFRCR.
2. Комплексная оценка состояния дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в урбоценозах Центрального Донбасса / А. О. Шкиренко, Е. В. Прокопенко, В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 63-73. – DOI 10.55355/snv2025141109. – EDN VGOAYS.
3. Современное экологическое состояние Великоанадольского леса в связи с военными действиями / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. А. Чибилев [и др.] // Вопросы степеведения. – 2025. – №2. – С. 79-90. – DOI 10.24412/2712-8628-2025-2-79-90. – EDN PZWEEW.
4. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. С. Яицкий, А. О. Шкиренко // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, №4. – С. 26-32. – DOI 10.55355/snv2024134104. – EDN BXIKNX.
5. Рассадина Е. В. Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды // Вестник Ульяновской ГСХА. 2007. №2 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioindikatsiya-i-ee-mesto-v-sisteme-monitoringa-okruzhayuschey-sredy> (дата обращения: 03.10.2025).
6. Влияние автотранспортного загрязнения на биохимические и морфологические показатели состояния деревьев дуба черешчатого / Н. Ю. Кулакова, А. В. Колесников, И. Н. Курганова [и др.] // Лесоведение. – 2021. – Т. 4, № 4. – С. 393-405. – DOI 10.31857/S0024114821040070. – EDN YYDANA.
7. Гераськина Н.П. Оценка стабильности развития дуба черешчатого на территории национального парка «Орловское Полесье» // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2009. Т. 18. № 3. С. 240-244. EDN: PFNXYJ.

УДК 526.1

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С УЧЁТОМ ПОЧВЕННО- РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДОНБАССА

Астафьев Д.И., ORCID 0009-0000-8225-9734,

Плотников Д.А., канд. техн. наук, доц., ORCID 0009-0007-3024-5091

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал ФГБОУ ВО
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет», г. Макеевка, ДНР, РФ

astafev.d.i-izosm-9a@donnasa.ru, d.a.plotnikov@donnasa.ru

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов относятся к числу наиболее серьезных экологических и техногенных угроз, наносящих значительный ущерб экосистемам, приводящих к экономическим потерям и создающих угрозу здоровью населения. В условиях изношенной инфраструктуры и роста интенсивности эксплуатации автозаправочных станций (АЗС) проблема ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) приобретает особую актуальность [1]. В условиях промышленно развитых территорий, таких как Донбасс, любая авария может привести к приостановке работы объектов транспортной инфраструктуры, снижению уровня экологической безопасности и росту затрат на ликвидацию последствий. Проблема загрязнения окружающей среды становится особенно острой из-за разрушений инфраструктуры, вызванных внешними факторами, в том числе военными действиями. Повреждение резервуаров и трубопроводов увеличивает риск аварийных разливов, что требует готовности к немедленному реагированию. В таких ситуациях своевременное применение мобильных сорбирующих устройств может значительно снизить ущерб окружающей среде [1].

Целью работы является анализ и характеристика методов локализации и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов для выявления наиболее оптимальных в условиях Донбасса.

В мире существует четыре основных способа борьбы с разливами нефтепродуктов: механический, физико-химический, термический и биологический (таблица). Механический метод, использующий заграждения (боны) и нефтесборщики (скиммеры), эффективен для сбора больших объемов нефти и ограничения распространения пятна, но плохо справляется с тонкими пленками. Физико-химический метод включает применение сорбентов (для сбора нефти с поверхностей) и диспергентов (ускоряющих биоразложение, но токсичных). Термический метод – контролируемое сжигание – дает быстрый результат, но приводит к

загрязнению воздуха. Биологический метод, основанный на использовании микроорганизмов для разложения нефти, экологичен, но медлителен и зависит от условий [2].

Таблица

Сравнительная характеристика методов ликвидации аварийных разливов нефти

Способ ликвидации	Преимущества	Недостатки
Механический	Возможность рекуперации нефтепродуктов	Снижение эффективности при тонком слое
Физико-химический	Высокая скорость очистки	Токсичность диспергентов, утилизация сорбентов
Термический	Быстрое уничтожение больших объёмов	Загрязнение воздуха, пожарная опасность
Биологический	Экологическая безопасность	Длительность процесса, зависимость от условий

Для условий АЗС в Донбассе, с учетом тяжелой обстановки и дефицита базовых природных ресурсов, наиболее перспективным является комплексный подход, включающий последовательное применение нескольких методов, схема реализации которого приведена на рисунке.



Рис. Схема предлагаемого комплексного подхода к ликвидации аварийных разливов нефти на АЗС

На первом этапе проводится локализация разлива с использованием переносных сорбирующих бонов и подушек, предотвращающих растекание топлива и его попадание в почву и канализацию [2]. Затем применяются синтетические сорбенты с высокой нефтеёмкостью и низким водопоглощением для сбора остаточных нефтепродуктов. Далее используются биопрепараты, ускоряющие разложение оставшихся загрязнений. Завершающий этап включает контроль и восстановление территории: проверку экологического состояния, рекультивацию почвы и водоёмов, восстановление нарушенных экосистем и минимизацию остаточного воздействия нефтепродуктов на окружающую среду.

Тем не менее универсального метода ликвидации разливов нефти не существует. Наиболее перспективным является подход объединяющий механические, физико-химические и биологические методы. Для АЗС в условиях Донбасса предложенная технология обеспечивает снижение экологического ущерба и ускоренное восстановление территорий после аварийных загрязнений [1, 3].

Внедрение современных технологий для очистки загрязнённых земель приносит ощутимую экономическую выгоду, в частности, за счёт снижения затрат на утилизацию и рекультивацию загрязнённых земель. Использование, например, синтетических сорбентов, эффективно впитывающих нефть и не поглощающих воду, значительно ускоряет сбор нефтепродуктов при разливах и сокращает время простоя автозаправочных станций. Это, в свою очередь, положительно влияет на бесперебойность поставок топлива, в условия сложившейся тяжелой обстановки, и экономику региона в целом. Дальнейшее развитие технологий биоремедиации и создание универсальных сорбентов, адаптированных к различным климатическим и техногенным условиям, является перспективным направлением.

Список литературы

1. Писаренко, А. В. Роль строительных методов обеспечения реабилитации грунта и дальнейшего его использования в районах прохождения нефтепроводов / А. В. Писаренко // Строитель Донбасса. – 2023. – Вып. 1-2023. – С. 10-15. – EDN CLVEXR.
2. Шарафиев Р. А., Абдрахманов Н. Х., Тимофеев А. А [и др.]. Техносферная безопасность на предприятиях нефтегазовой отрасли: учеб. пособие. – Уфа: УГНТУ, 2020. – 304 с. – EDN VGVTMH.
3. Анисимов И. Е. Причины и факторы аварий вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / И. Е. Анисимов, В. Б. Барахнина // Научный аспект. – 2024. – Т. 35 (3). – С. 4549-4554. – EDN GUPIRH.

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *LIMONIUM GMELINII* (WILLD.) KUNTZE (PLUMBAGINACEAE) В ХАКАСИИ

Барсукова И.Н., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-0614-1993
ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова»,
г. Абакан, РФ,
ФГБУН «Центральный сибирский ботанический сад», г. Новосибирск, РФ
saphronovairina@mail.ru

Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze (кермек Гмелина) – многолетнее травянистое каудексообразующее поликарпическое растение. Эугалофит. [1]. В России встречается от бассейна нижней Волги на западе до Байкальской Сибири на востоке, произрастает на солончаковых лугах, в засоленных понижениях, по берегам солёных озёр [2]. В популяционно-онтогенетическом плане растения засоленных местообитаний остаются малоизученными. В то же время виды галофитных сообществ служат важными индикаторами экологического состояния региона, в связи с чем изучение состояния их природных ценопопуляций (ЦП) оказывается актуальным. Популяционно-онтогенетические исследования *L. gmelinii* единичны [1]. Сведения об онтогенетической структуре ЦП в Хакасии отсутствуют.

Цель работы – изучение онтогенетической структуры ценопопуляций *L. gmelinii* в Хакасии. Исследование проводили в 2022 г. в четырех ЦП. Степень засоленности определяли с помощью почвенной лаборатории «Крисмас+». ЦП 1 располагалась в кермеково-чиевой солонцеватой степи. Общее проективное покрытие (ОПП) травостоя – 40 %, проективное покрытие вида (ПП) – 10 %, открытый субстрат – 45 %. Засоление почвы сульфатное. ЦП 2 исследована на разнотравно-вейниковом остепненном лугу. На долю травостоя приходилось около 70 %, ПП вида – 15 %, открытый субстрат – 16 %. Почва слабозасоленная. ЦП 3 – холоднополынно-злаковая настоящая степь. ПП травяного яруса – 65 %, ПП вида – 15 %, открытый субстрат – 15 %. Почва слабозасоленная. ЦП 4 – полынная настоящая степь. ОПП травостоя – 50 %, ПП вида – 13 %, открытый субстрат – 30 %. Почва практически незасоленная.

Онтогенетическую структуру ЦП исследовали по общепринятым методикам [3]. Онтогенетические состояния особей *L. gmelinii* выделяли на основе описанного ранее онтогенеза [1]. За счетную единицу принимали особь семенного происхождения. Онтогенетический спектр строили на основе учета особей на 10–17 площадках размером 1 м². Тип ЦП определяли по классификации «дельта–омега» [4]. На основе биологических

особенностей вида, характерный онтогенетический спектр ЦП центрированный. Изученные ЦП вида нормальные, полно- и неполночленные. Самоподдержание исключительно семенным путем. Левосторонний тип спектра (ЦП 1) с абсолютным максимумом на виргинильных особях (32,8 %) формируется в солонцеватой степи на берегу озера. В условиях достаточного увлажнения на открытых участках почвы происходит активное появление всходов, выживание ювенильных и имматурных особей вида и их переход в виргинильное состояние. В то же время повышенный уровень засоления и увлажнения приводит к быстрому старению и гибели взрослых растений из-за процессов гниения подземной части, что отражается в онтогенетическом спектре. В условиях луговых и степных сообществ на слабозасоленном или почти незасоленном субстрате формируется центрированный спектр с абсолютным максимумом на зрелых генеративных особях (49–79 %). Он обусловлен биологическими особенностями вида (время нахождения в зрелом генеративном состоянии около 10 лет). На появление и развитие особей прегенеративной фракции неблагоприятное влияние оказывают высокое ОПП, а также недостаточное увлажнение. Однако некоторое накопление виргинильных особей объясняется последовательным переходом растений из одного состояния в другое. Правая часть спектров характеризуется пропуском онтогенетических состояний из-за быстрых темпов развития и отмирания особей постгенеративной фракции. Показатели возрастности и эффективности в ЦП изменяются от 0,28 до 0,44 и от 0,76 до 0,91 соответственно. По классификации «дельта-омега»: ЦП 1 – молодая, ЦП 2, 3 и 4 – зрелые. Таким образом, изученные ценопопуляции на территории исследования развиваются устойчиво.

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН № АААА-А21-121011290026-9.

Список литературы

1. Асташенков, А. Ю. Морфологическая адаптация особей и онтогенетическая структура ценопопуляций *Limonium gmelinii* (Plumbaginaceae) в условиях Кулундинской степи (Алтайский край) / А. Ю. Асташенков, А. В. Гребенюк // Бот. журн. – 2017. – Т. 102, № 8. – С. 1136-1149. – DOI 10.1134/S0006813617080063. – EDN ZEFNMF.
2. Ковтонюк, Н. К. *Limonium* Miller – Кермек / Н. К. Ковтонюк. – В кн.: Флора Сибири. *Ryrolaceae – Lamiaceae (Labiatae)*. – Новосибирск, 1997. – Т. 11. – С. 50-56.
3. Заугольнова, Л. Б. Структура популяций семенных растений и проблемы их мониторинга: Дис. ...д-ра биол. наук в форме научного доклада. – СПб. – 1994. – 70 с.
4. Животовский, Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3-7. – EDN KLQNCL.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГИС-АНАЛИЗА ФИТОТЕРАТОГЕНЕЗА

Братухина Е.Р., Рябцев А.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Современный картографический анализ и доступная визуализация факторов антропогенеза широко распространены в решении экологических вопросов урбанизированных территорий [1, 2], что также является предметом изучения для уязвимых природных объектов Донбасса [3] и приобретает системный характер экологических программ [4].

Цель работы – выделить перспективу представления оригинальных сведений по частоте встречаемости тератных проявлений разных категорий у растений-индикаторов в 2024-2025 гг. в условиях локальных экосистем Донбасса. Весь диапазон регистрируемых нетипичных (атипичных) проявлений в строении растений, виды которых уже были признаны как индикаторные, разделили по нескольким классификациям, что позволяет дифференцированно подойти к оценке тератогенного эффекта: по коэффициенту вариации в перерасчете на весь параметр признаки в строении генеративных органов встречаются в три раза чаще, чем вегетативные (листья пластичнее, чем плоды, но реже встречаются); впервые предложено использовать классификационный подход по признакам «син-» (срастания) и «схизо-» (рассечения, разделения) тех частей метамерной структуры растительного аппарата, которые в норме дифференцированы без срастаний и рассечений, например, схизокотилия – атипичное строение семядольного аппарата в результате образования более 2-х единиц для двудольных. *Исследования проведены в ФГБОУ ВО «ДонГУ» в рамках инициативной научной темы кафедры ботаники и экологии.*

Список литературы

1. Епринцев, С. А. Геоинформационный анализ качества окружающей среды городских территорий Центральной России / С. А. Епринцев, С. В. Шекоян // Наука Юга России. – 2025. – Т. 21, № 2. – С. 47-56. – DOI 10.7868/S25000640250208. – EDN PIGZNB.
2. Епринцев, С. А. Оценка неблагоприятных факторов окружающей среды урбанизированных территорий Центральной России / С. А. Епринцев, С. В. Шекоян, П. М. Виноградов // Региональные геосистемы. – 2025. – Т. 49, № 1. – С. 157-168. – DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-1-157-168. – EDN PZMAVQ.
3. Современное экологическое состояние Великоанадольского леса в связи с военными действиями / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань [и др.] // Вопросы степеведения. – 2025. – № 2. – С. 79-90. – DOI 10.24412/2712-8628-2025-2-79-90. – EDN PZWEEW.
4. Гермонова, Е. А. Прогнозный сценарий фактора полемостресса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 21-29. – DOI 10.5281/zenodo.15082154. – EDN BSMALQ.

МОХООБРАЗНЫЕ СТАРОБЕШЕВСКОГО РАЙОНА ДНР

Васильева Н.Н.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Для степного макрорегиона мохообразные являются малоизученной, но перспективной темой в направлении экологического мониторинга природных систем и сред в условиях промышленного загрязнения [1, 2], что имеет своё отражение в актуализации ботанико-экологических задач на современном этапе [3, 4].

Цель работы – обобщить результаты поисково-инвентаризационных работ, проводимых маршрутным способом при регистрации представителей мохообразных в населенном пункте с. Новоселовска Старобешевского района ДНР в 2024 и 2025 гг. В результате проведенных экспедиционных выездов было установлено, что в доминирующей роли по численности и проективному покрытию среди мохообразных выступает *Bryum capillare* Hedw., который занимает более 65% всей площади населенного пункта, часто встречается именно в центральной части жилой местности, – представляет собой интерес как вид с широким диапазоном приспособлений для выживания в экстремальных условиях и имеет высокую степень приспособляемости в местах контрастной антропогенной нарушенности, в том числе в селитебных экотопах и сорно-бытовых полигонах. Среднюю степень встречаемости проявили виды *Barbula unguiculata* Hedw. и *Brachythecium campestre* (Mull.Hal.) Bruch et al. – их локальные ценопопуляционные структуры к территориальной привязке имеют эллипсовидную очерченность, что характерно для натурализованных или аборигенных видов, приуроченных к естественному ландшафту местности.

Список литературы

1. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова [и др.] // Степная Евразия. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2022. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
2. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса / А. И. Сафонов, А. С. Алемасова [и др.] // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 10. – С. 1032-1044. – DOI 10.31857/S0016752523100114. – EDN NURQVW.
3. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid в оценке техногенного загрязнения (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, Sm) трансформированных экотопов Донбасса / И. И. Зиньковская [и др.] // Трансформация экосистем. – 2023. – Т. 6, № 3(21). – С. 22-38. – DOI 10.23859/estr-220726. – EDN GHVAZY.
4. Neutron activation analysis of rare earth elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the diagnosis of ecosystems of Donbass / I. Zinicovskaia // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2024. No. 2. P. 186-200. DOI 10.1134/S1547477124020158. EDN XTYWUI.

«СИРЕНИ ПОБЕДЫ» В КОЛЛЕКЦИИ СИРИНГАРИЯ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Виноградова Е.Н., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-7398-7809

ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ

elena_vinogradova2021@mail.ru

Этот год особенный для нашей страны – год 80-летия Победы в Великой Отечественной войне. Живым символом Победы стала сирень, которая обильно и ярко цвела в мае 1945 г. Букетами сирени встречали воинов-победителей. Первым, кто решил увековечить память героев-фронтовиков в сортах сирени, был известный российский селекционер Л.А. Колесников. Его примеру последовали и другие селекционеры, в том числе сотрудники Центрального ботанического сада НАН Беларуси Н.В. Смольский и В.Ф. Бибикова. Эстафету памяти подхватили в 2000-е годы члены современной селекционной группы «Русская сирень». Эта группа является инициатором и активным участником проекта «Сирень Победы». В 2005 г., в год 60-летия Великой Победы на пришкольных участках и улицах Москвы впервые были высажены кусты сирени в честь Победы, прошли акции в учебных заведениях города [1]. Так родилось движение «Сирень Победы», которое сегодня приобрело не только всероссийский масштаб, но и вышло за рубежи России. С 2019 г. к этому общественному движению подключился и Донецкий ботанический сад (ДБС).

Цель работы – анализ состава и современного состояния коллекции сортов «Сирени Победы» Донецкого ботанического сада.

Экспозиционно-коллекционный участок «Сирингарий» ДБС создан в 1978 г., когда на его территории было высажено 67 сортов *Syringa vulgaris* L. (сирени обыкновенной) и *S. ×hyacinthiflora* (L.) Rehd. (с. гиацинтоцветной). В дальнейшем наиболее массовое пополнение коллекции сортов сирени было произведено в 1985-1988 гг. [2]. Среди высаженных в 1978 и 1985 гг. есть несколько сортов, названия которых посвящены героям Великой Отечественной войны:

'Алексей Маресьев'. Автор сорта Л.А. Колесников (1951). Назван в честь знаменитого летчика, Героя Советского Союза Алексея Петровича Маресьева, который во время Великой Отечественной войны сбил 11 немецких самолетов, из них 7 – после ампутации ног.

Цветки простые голубовато-лиловые, узкие длинные лепестки изогнуты пропеллером. Соцветия прямостоячие, узкопирамидальные. Кусты раскидистые, средней высоты. В настоящее время в коллекции один взрослый экземпляр, высажен в 1978 г. Находится в удовлетворительном

состоянии, цветение ежегодное, однако в последние годы менее обильное, чем прежде. По итогам пятилетних наблюдений цветет в среднем с 3 по 22 мая. Для сохранения сорта в коллекции в 2019 и 2021 гг. высажены два молодых куста.

'Защитникам Бреста'. Авторы сорта Н.В. Смольский, В.Ф. Бибикова (1964). При обороне Брестской крепости, первой принявшей на себя удар гитлеровской армии, погибло 962 человека. Подвиг защитников Бреста навсегда останется примером мужества и воинской доблести.

Цветки махровые, белые, из 2–3 венчиков, диаметром до 2,5 см. Лепестки широкоовальные, слегка приподняты, внутреннего венчика загнуты к центру цветка. Соцветия крупные, разветвленные. Цветет ежегодно, обильно. Кусты высокие, прямые. В коллекции четыре экземпляра, высажены в 1978 г., находятся в хорошем состоянии. Средние сроки цветения – с 4 по 27 мая. Два куста были подвергнуты радикальной обрезке с целью омоложения и занижения кроны, выявлена хорошая способность к возобновлению.

'Капитан Гастелло'. Автор сорта Л.А. Колесников (1946 г.). Назван в честь летчика, Героя Советского Союза капитана Гастелло. Свой первый вылет Николая Францевича Гастелло совершил в первый день войны – 22 июня в 5 часов утра, а 26 июня он героически погиб, направив горящий самолет на колонну врага.

Цветки крупные, с длинными изогнутыми лепестками, напоминающими своей формой пропеллер самолета, в начале цветения пурпурные, при полном роспуске лиловые. Цветет очень обильно. Соцветия крупные, пышные. Кусты раскидистые. Тонкие изогнутые побеги поникают под тяжестью соцветий. В коллекции 3 куста, высажены в 1985 г., находятся в хорошем состоянии. Средние сроки цветения – с 4 по 26 мая.

'Маршал Василевский'. Автор сорта Л.А. Колесников (1963 г.). Назван в честь советского государственного и военного деятеля полководца Александра Михайловича Василевского, Маршала Советского Союза, дважды Героя Советского Союза, дважды кавалера ордена Победы.

Цветки махровые, крупные, при распускании розовато-лиловые, позже – красивого розового цвета. Цветет обильно пышными плотными соцветиями. Кусты высокие, прямые. В коллекции три экземпляра, высажены в 1985 г., находятся в хорошем состоянии. Средние сроки цветения – с 1 по 25 мая.

'Партизанка'. Авторы сорта Н.В. Смольский, В.Ф. Бибикова (1964). Белорусское партизанское движение нанесло огромный урон врагу. В партизанские отряды шли целыми селами. В Белоруссии насчитывалось самое массовое участие женщин в партизанском движении – 16 %.

Цветки простые, розовато-лиловые, крупные. Лепестки широкоовальные, со слегка приподнятыми краями. Соцветия длинные, плотные, узкопирамидальной формы. Кусты средней высоты. Цветет

ежегодно, однако в последние годы не так обильно, как раньше, умеренно, с 5 по 20 мая. В коллекции в настоящее время 3 взрослых экземпляра, в удовлетворительном состоянии. Четвертый куст обрезан с целью омоложения. Побеги возобновления отсутствуют, однако отмечено появление корневищного порослевого побега, на котором образовалось полноценное соцветие.

В последние годы началась новая волна пополнения коллекции сортов сирени ДБС. Благодаря творческому сотрудничеству с ботаническими садами Москвы, Симферополя, Минска, селекционной группой «Русская сирень», компанией Piccoplant (Германия) коллекция сирени ДБС пополнилась новыми видами и сортами. За период 2019–2023 гг. высажены 3 новых вида и 60 сортов. На территории экспозиции «Сирингарий» был создан тематический участок «Сирень Победы». Основой послужили имеющиеся в коллекции сорта, к которым были добавлены еще 20 новых, в том числе сорта селекции Л.А. Колесникова – 'Ветка мира' (1941), 'Зоя Космодемьянская' (1943); российского селекционера Н.С. Сташкевича – 'Суворовец' (до 1990); сотрудников Никитского ботанического сада В.Н. Клименко – 'Севастопольский вальс' (1955), З.К. Клименко, В.К. Зыковой – 'Эльтиген' (2013); современной селекционной группы «Русская сирень» – 'Адмирал Кузнецов' (2015), 'Василий Теркин' (2014), 'День Победы' (2011), 'Жди меня' (2014), 'Катюша' (2014), 'Крылья надежды' (2018), 'Ладога' (2015), 'Маршал Баграмян' (2015), 'Маршал Бирюзов' (2011), 'Маршал Конев' (2011), 'Маршал Малиновский' (2011), 'Маршал Соколовский' (2011), 'Милосердие' (2016), 'Патриот' (2017), 'Синенький скромный платочек' (2011). Молодые сирени, высаженные в последние годы, проходят первичную идентификацию по мере начала их цветения.

Коллекция сортов сирени ДБС, названных в честь героев и событий Великой Отечественной войны, включает 25 сортов *S. vulgaris*. В рамках мероприятий, посвященных празднованию Дня Великой Победы, во время цветения сирени (апрель-май) проводится тематическая экскурсия «Сирени Победы», гости Сада имеют возможность полюбоваться цветущими сиренями и познакомиться с историей названий сортов.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер госрегистрации 123101300192-1).

Список литературы

1. Аладина, О. Н. Сирень памяти. 100 сортов «Русской сирени» / О. Н. Аладина, Т. В. Полякова, А. С. Аладина, С. А. Аладин. – Санкт-Петербург: Изд-во «Дом садовой литературы», 2020. – 161 с.
2. Терещенко, С. И. Сирени на юго-востоке Украины: монография / С. И. Терещенко – Севастополь: «Вебер», 2003. – 192 с.

ДОПОЛНЕНИЕ К РИЗОЛОГИЧЕСКОМУ ФИТОТЕСТИРОВАНИЮ ПОЧВ В НАРУШЕННЫХ БИОТОПАХ

Галактионова Е.В.

Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева,
г. Петропавловск, Казахстан
galaktionova7272@mail.ru

Определение фитотоксичности технозёмов [1] является важной задачей в связи с возрастающим воздействием человеческого фактора на природные системы [2]. Апробированный способ ризологического фитотестирования [1, 3] может быть усовершенствован с целью возможного проведения экспресс-диагностики состояния биотопа в полевых условиях.

Поскольку лабораторные манипуляции обеспечивают чистоту эксперимента в монофакторном анализе и(или) при многофакторном воздействии, например, загрязняющих веществ, то при отборе биопроб в большом количестве (более 100 образцов за лабораторную смену) технология может быть оптимизирована быстрым скринингом данных с отбраковкой тех образцов, которые не показывают качественных реакций на воздействие стрессового фактора. Учитывая геохимический контраст, в котором находится большинство исследуемых ценопопуляций растений-индикаторов в антропогенно трансформированной среде, метод цитологического анализа гистопрепаратов может дать ответ о наличии новых или превышающих норму факторов токсической нагрузки. Витальные препараты испытаны для *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. и *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski. Ткани-мишени, рекомендованные для экспресс-анализа по дифференциации некротических проявлений: дерматоген, боковые части калиптрогена, ряд клеток центрального цилиндра, периферические клетки колумеллы, что целесообразно при оптимизации эксперимента.

Список литературы

1. Галактионова, Е. В. Детализация метода фитотестирования загрязненных почв по уязвимости апикальных меристем // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 94-100. – DOI 10.5281/zenodo.14923403. – EDN СОКРWL.
2. Федоркина, И. А. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
3. Галактионова, Е. В. Совместные разработки по ризологическому фитотестированию почв в нарушенных биотопах // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Т. 3. – Донецк, 2024. – С. 45. EDN CGDODP.

ЭКОМОНИТОРИНГ В КОНТЕКСТЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ БОТАНИКИ

Глухов А.З. ^{1,2}, д-р биол. наук, проф., ORCID 0000-0001-9675-7611,
Сафонов А.И. ¹, канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9701-8711

¹ ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ,

² ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ

glukhov.az@mail.ru, andrey_safonov@mail.ru

В мировой практике ботанико-экологические исследования являются базовыми и неотъемлемыми для развитых народов, народностей, этносов и цивилизаций [1]. Живая биомасса, окружающая человека в природной и бытовой среде на более чем 90% представлена растениями, – функция средообразования является первичной при разработке стратегий и тактик для выживания, а конструкций и деталей – для благосостояния. Поэтому ботаника как классическая наука и все дочерние её формы фундаментальных исследований и прикладных внедрений отражают не только уровень научно-технического потенциала, но и гарантируют будущность сбалансированного природопользования.

В аспектах исторического процесса и академического подхода при развитии ботаники на территории техногенно развитых регионов объективно и оправдано эпохой потребления выделяется *промышленная ботаника*, отражающая вектор благоустройства региона в период интенсивной индустриализации и урбанизации, обеспечивающая полноценный облик местности для проживания и удовлетворяющая функционально-эстетические потребности местного населения при его экзистенциальной самоидентификации.

Современный период существования общества можно назвать цифровым, интеллектуально-виртуальным, когда осознание информации об окружающей среде осуществляется посредством дистанционных технологий, что может привести к искажению натуральной реальности для большинства людей, не имеющих отношения в профессиональной занятости к наукам о жизни.

Проводимый для донецкого региона экологический мониторинг с помощью растений является multifunctional мероприятием, соединяющим возможность изучать объекты реальной природы и диагностировать их состояние. При этом диагностика и поэтапная квантификация, безусловно, являются востребованными процессами на любой стадии эксплуатации территории или объекта хозяйственного использования для нужд человека.

История науки знает немало неудач в тех аспектах, которые не были основаны на реальном опыте при анализе функционирования систем [2]. В

то же время бионика и все формы её проявления в механике и создании полезных конструкций идеологически формировали вектор успеха для получения цивилизацией нужных атрибутов саморегуляции и рационального (эффективного) использования ресурсов [3].

Мировая практика изучения растений как информационного инкубатора и аналитических программ [4] в понимании происходящего с природой и в природе (даже антропогенно трансформированной) генерирует неисчерпаемую возможность реализации биологических систем в целенаправленной коэволюции [5], которая при увеличении техногенного вмешательства только ускоряет свой процесс необратимых явлений и возможных утраченных человеком возможностей для плавного перехода в новое, но благополучное состояние для дальнейшего полноценного выживания. Такие процессы должны изучаться по типу работы рефлекторной дуги, соединяя сенсоры, рецепторы – живые датчики с теми механизмами, которые на современном этапе аналогичны рычагам управления в системе рационального природопользования (энергоресурсы, продовольственная среда, объекты быта и обеспечения сохранности вида, человеческой популяции). В этом аспекте индикационный фитомониторинг может и должен развиваться как сенсорная информационная ботаника [6, 7] в реализации процессов диагностики и внедрения антистрессовых мероприятий для гармоничного существования фитосреды в рамках своей геологической эпохи, которая должна исчисляться миллионами, а не десятками лет.

Список литературы

1. Kawa, N. C. Five key concepts for human inquiry into plant lifeworlds / N. C. Kawa // *Journal of Ethnobiology*. – 2024. – DOI 10.1177/02780771241277615. – EDN WUJYLZ.
2. Tannier, E. A hapless mathematical contribution to biology / E. Tannier // *History and Philosophy of the Life Sciences*. – 2022. – Vol. 44, No. 3. – P. 1-22. – DOI 10.1007/s40656-022-00514-x. – EDN GNIWTA.
3. Gerber, S. Plants as machines: history, philosophy and practical consequences of an idea / S. Gerber, Q. Hiernaux // *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. – 2022. – Vol. 35, No. 1. – P. 4. – DOI 10.1007/s10806-021-09877-w. – EDN AZMGSK.
4. Hansen, M. J. A critical review of plant sentience: moving beyond traditional approaches / M. J. Hansen // *Biology and Philosophy*. – 2024. – Vol. 39, No. 4. – P. 13. – DOI 10.1007/s10539-024-09953-1. – EDN ECFCCC.
5. Sims, R. Stigmergic coordination and minimal cognition in plants / R. Sims, Ö. Yilmaz // *Adaptive Behavior*. – 2023. – Vol. 31, No. 3. – P. 265-280. – DOI 10.1177/10597123221150817. – EDN AWESUM.
6. Understanding interdisciplinary perspectives of plant intelligence: Is it a matter of science, language, or subjectivity? / J. Khattar, P. Calvo, I. Vandebroek [et al.] // *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. – 2022. – Vol. 18, No. 1. – P. 1-17. – DOI 10.1186/s13002-022-00539-3. – EDN FXJUDZ.
7. Yilmaz, Ö. Environmental complexity, cognition, and plant stress physiology / Ö. Yilmaz // *Adaptive Behavior*. – 2024. – DOI 10.1177/10597123241278799. – EDN QJWKQE.

ОЦЕНКА РОСТА И РЕПРОДУКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ИЗ РАЗНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ В ГРУППОВЫХ ПОСАДКАХ

Гришлова М.В., канд. с.-х. наук, ORCID 0000-0002-6438-1477
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнёва», г. Красноярск, РФ
Grishlova@mail.ru

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является важнейшей лесообразующей и орехопродуктивной породой бореальных лесов Сибири. В связи с возрастающей хозяйственной значимостью и необходимостью сохранения генофонда вида актуальны исследования внутривидовой изменчивости и адаптивного потенциала различных географических популяций в условиях интродукции [1, 2]. Изучение роста и репродуктивных особенностей в географических культурах позволяет выявить наиболее продуктивные и устойчивые климатипы для целей селекции и плантационного лесовыращивания [3].

Цель работы – оценка особенностей семеношения и роста деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения в групповых посадках дендрария.

Объектом исследований служили 59-летние групповые посадки сосны кедровой сибирской в дендрарии СибГУ им. М.Ф. Решетнева (г. Красноярск).

Изучали потомства четырех географических происхождений:

- Республика Коми,
- Бирюсинское (местное, Красноярский край),
- Томское и
- Читинское.

Оценку репродуктивного развития (количество семеносящих побегов, шишек, микростробилов) проводили на деревьях крайних рядов групп. Удельную энергию семеношения (УЭС) рассчитывали как отношение количества шишек к длине окружности ствола на высоте 1.3 м (шт/см). Таксационные показатели (высота, диаметр ствола, диаметр и объем кроны) и морфометрические характеристики (угол прикрепления ветвей, количество ветвей в мутовке, прирост боковых побегов, длина и продолжительность жизни хвои) измеряли по общепринятым методикам [4].

Статистическую обработку данных проводили с расчетом средних значений ($\bar{X}$), ошибки средней (m), стандартного отклонения (σ), коэффициента вариации ($V\%$) и достоверности различий по t-критерию Стьюдента при 5% уровне значимости [5].

Анализ семеношения показал, что наибольшее количество семеносящих побегов на дереве формирует потомство из Коми (10,7 шт.), тогда как наименьшее – читинское происхождение. Среднее количество шишек в пучке варьировало незначительно (1,6–1,8 шт.) и не имело достоверных различий между климатипами.

Наибольшая урожайность в 2019 г. была характерна для деревьев из Коми (19,4 шт./дерево), тогда как в 2020 г. лидером по количеству шишек стало томское потомство (17,3 шт./дерево). Наименьшие показатели в эти годы отмечены у читинского (7,0 шт.) и коми (5,8 шт.) происхождений соответственно, что свидетельствует о межгодовой изменчивости и вероятной реакции разных климатипов на погодные условия вегетационных сезонов.

Интегральный показатель – удельная энергия семеношения (УЭС) за 2019–2022 гг. – был наибольшим у томского потомства (0,63 шт./см) и наименьшим у читинского (0,38 шт./см). При изучении мужского цветения установлено, что наибольшим количеством микростробилов характеризовалась сосна из Коми.

Таксационные показатели деревьев в центральных рядах посадок существенно различались. Наибольшей средней высотой характеризовалось потомство из Коми (10,6 м), тогда как томское происхождение имело достоверно меньшую высоту (9,4 м). Диаметр ствола в среднем составил 21,7 см без достоверных различий между вариантами, однако уровень индивидуальной изменчивости (V) был высоким, достигая 27,5 % у читинского потомства.

Диаметр кроны варьировал от 4,3 м (томское) до 5,2 м (коми). Деревья бирюсинского и коми происхождений имели наибольший объем кроны (94,9 и 107,2 м³ соответственно). Выявлены достоверные различия по углу прикрепления нижних ветвей: минимальный угол отмечен у коми (71,8°), максимальный – у томского (82,8°) происхождения.

Количество ветвей в мутовке было наибольшим у томского потомства (4,7 шт.), что достоверно отличалось от других климатипов. Средний годичный прирост бокового побега (14,7 см) и длина хвои (10,0 см) не имели достоверных различий. Продолжительность жизни хвои варьировала от 4,0 (читинское) до 4,7 лет (томское).

В результате проведенной оценки отселектированы деревья-плюсовки, значительно превосходящие средние показатели по своим группам. Выделены экземпляры с превышением средней высоты на 10,9–18,1 % (например, деревья 6-1, 30-10, 34-1, 36-7) и диаметра ствола на 12,3–52,8 % (деревья 6-13, 30-20, 34-15, 36-29). Выделены деревья с урожайностью, превышающей средние значения по вариантам на 13,4–240 % (деревья 6-10, 35-3, 34-32, 36-19).

Особый интерес представляет дерево 34-44 томского происхождения, развивающееся по мужскому типу и формирующее количество

микростробилов на 243,5 % выше среднего. Отобраны экземпляры (6-10, 6-11, 35-2, 36-1), регулярно формирующие урожай шишек, что является ценным признаком для селекции на высокую орехопродуктивность.

В условиях групповых посадок дендрария в пригородной зоне г. Красноярска выявлена значительная внутривидовая изменчивость сосны кедровой сибирской по ростовым и репродуктивным признакам в зависимости от географического происхождения. Потомство из Коми и местное (бирюсинское) происхождение демонстрируют наилучшие показатели роста в высоту и развития кроны, тогда томское происхождение характеризуется отставанием в высоте, но повышенным количеством ветвей в мутовке и наибольшей удельной энергией семеношения. По комплексу признаков (интенсивный рост, крупные размеры кроны и ствола, высокая урожайность) в качестве наиболее перспективных для селекции и использования в лесовосстановительных посадках в условиях Средней Сибири можно рекомендовать местное (бирюсинское) потомство и потомство из Коми.

В результате индивидуального отбора выделен селекционный фонд (32 дерева), представленный экземплярами, превосходящими средние показатели по высоте, диаметру ствола, урожайности и с коротким межурожайным периодом. Данные деревья представляют ценность для дальнейшей селекционной работы и создания постоянной лесосеменной базы.

Список литературы

1. Брынцев, В. А. Географическая изменчивость сосны кедровой сибирской (*Pinus Sibirica* Du Tour) при интродукции / В. А. Брынцев, А. А. Коженкова // Известия Высших Учебных Заведений. Лесной журнал. – 2016. – № 6, 354. – С. 89-97.
2. Попов, П. П. Рост и развитие семенных деревьев при формировании кедросадов / П. П. Попов, М. Н. Казанцева // Лесное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 34-35.
3. Ирошников, А. И. Биоэкологические свойства и изменчивость кедра сибирского / А. И. Ирошников // Кедровые леса Сибири. – Новосибирск: Наука. – 1985. – С. 8-40.
4. Огиевский, В. В. Обследование и исследование лесных культур: (Метод. пособие для лесоводов) / В. В. Огиевский, А. А. Хиров. – Москва: Лесная пром-сть, 1964. – 50 с.
5. Родин, А. Р. Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов / А. Р. Родин, М. Д. Мерзленко. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 36 с.

**АНАЛИЗ СОСТАВА ФЛОРЫ «ЛИВЕНЦОВСКОГО
АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЭПОХИ БРОНЗЫ»
(Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ)**

Гудзенко Е.О., канд. биол. наук, ORCID 0009-0006-6463-4004,
Карасёва Т.А., канд. биол. наук, ORCID 0000-0003-4170-9123
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
egudzenko@sfedu.ru, takaras@yandex.ru

Изучение флористического состава регионов нашей страны является одним из основных направлений ботанических исследований, связанных с установлением биоразнообразия природных ландшафтов, выявлением новых для субъектов таксонов растений, установлением охранного статуса редких и исчезающих видов.

Однако и на территории поселений еще имеются участки, относительно слабо подверженные антропогенному воздействию, на которых можно выявить флористические находки или установить степень трансформации флоры.

При этом инвентаризация видового состава растений, произрастающих на территории объектов культурного наследия, памятных мест, в том числе связанных с историческими событиями, – необходимый этап исследований, позволяющий принять меры не только к сохранению самого объекта, но и растений как его составной части.

Цель исследований заключалась в изучении флористического состава территории объекта культурного наследия федерального значения «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» города Ростова-на-Дону, который также является объектом археологического наследия.

Исследования проводились на территории объекта культурного наследия федерального значения (памятника истории и культуры народов Российской Федерации) «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы», являющейся одной из древнейших каменных крепостей Восточной Европы (приблизительная дата создания XVII в. до н. э.), расположенной на правом берегу р. Мертвый Донец, между пос. Каратаево и пос. Ливенцовка в Советском районе г. Ростова-на-Дону.

В ходе настоящей работы выполнялась первичная инвентаризация растений и установление флористического состава территории с использованием общепринятых методик флористических исследований.

Особое внимание уделялось группе видов степного фитоценоэлемента, а также регионально редким видам. Сбор полевого материала осуществлялся в начале июля 2025 г. по традиционной методике [1].

По итогам проведенного исследования составлен конспект флоры памятника археологии «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы». Флора обследованной территории представлена 116 видами 97 родов 32 семейств покрытосеменных растений и одним видом (*Ephedra distachya*) из одного семейства (*Ephedraceae*) голосеменных.

Систематическая структура флоры памятника археологии близка к таковой для Ростовской области в целом [2].

Наиболее крупными родами в составе флоры являются: *Artemisia*, *Poa*, *Silene* (в широком понимании), насчитывающие по 3 вида каждый; 12 родов содержат по 2 вида.

Среднее число видов в роде составляет 1,19;

– родов в семействе – 2,97;

– видов в семействе – 3,55.

Эти значения закономерно ниже приводимых для области в целом (3,0 вида на род и 14,3 вида на семейство).

В составе флоры отмечено 16 семейств, насчитывающих по одному виду (48,5 % от общего числа), и 19 семейств, представленных единственным родом (57,6 %).

К классу Liliopsida относится 21 вид из 17 родов 4 семейств, что составляет 17,9 % от общего числа видов (например, *Stipa capillata*, *Koeleria cristata*, *Bromus squarrosus*, *Festuca valesiaca* и др.).

К классу Magnoliopsida относится 95 видов из 80 родов 28 семейств, что составляет 81,2% от общего числа видов (*Achillea setacea*, *Artemisia absinthium*, *Centaurea salonitana*, *Tanacetum vulgare*, *Teucrium polium*, *Verbascum lychnitis*, *Veronica spicata*, *Xeranthemum annuum* и др.).

В биоморфологическом спектре флоры объекта культурного наследия ожидаемо лидирует группа многолетних поликарпических трав – 47,9 %. За ними следует группа травянистых однолетников – 22,2 %.

Общая доля монокарпических растений составляет 33,3 %,

– древесных форм – 11,1 %.

Таким образом, в общих чертах биоморфологический спектр флоры Ливенцовского археологического комплекса близок к таковому для некоторых других регионов степной зоны юга России [3], отличаясь несколько меньшим содержанием травянистых монокарпиков и более высокой представленностью древесных форм.

Гидроморфологическая структура анализируемой флоры отличается резко выраженной ксероморфностью:

– суммарная доля видов мезоморфной группы (51,7 %) незначительно превышает суммарную долю видов ксероморфной группы (48,3 %),

– гигрофиты в составе флоры отсутствуют.

Наблюдаемое распределение гидроморф обусловлено отсутствием в границах объекта болотных и прибрежно-водных биотопов.

Адвентивная фракция флоры объекта культурного наследия представлена 11 видами (*Gleditsia triacanthos*, *Padellus mahaleb*, *Erigeron canadensis* и др.) более или менее устойчиво колонизировавшихся либо натурализовавшихся сосудистых растений, что составляет 9,4 % от общего видового разнообразия. Индекс адвентизации флоры археологического комплекса соответствует приводимому для региона в целом – около 10 % [4].

Из числа регионально редких видов в составе флоры следует отметить *Centaurea salonitana*, который нуждается в особом внимании к состоянию популяций и мониторинге на территории Ростовской области [5].

В результате первичной инвентаризации объекта культурного наследия «Ливенцовский археологический комплекс эпохи бронзы» установлено, что флора включает 117 видов высших сосудистых растений, относящихся к 98 родам и 33 семействам.

Систематическая и биоморфологическая структура флоры археологического комплекса сохраняют общие особенности, характеризующие флору степной зоны юга России.

В дальнейшем планируется провести повторное обследование территории для уточнения видового состава и экотопической приуроченности видов сосудистых растений, а также выявить фитоценоотическое разнообразие растительного покрова археологического комплекса.

Список литературы

1. Полевые методы исследований растений : учеб. пособие по проведению полевых практик / А. С. Лукаткин, В. К. Левин, В. В. Лещанкина [и др.]; под общ. ред. проф. А. С. Лукаткина. – Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 2004. – 160 с.
2. Федяева В. В. Растительный покров // Природные условия и естественные ресурсы Ростовской области / под ред. Ю. П. Хрусталева [и др.]. Ростов-на-Дону; Батайск: Батайское кн. изд-во, 2002. С. 226-282.
3. Лактионов А. П. Флора Астраханской области. – Астрахань: Издат. дом «Астраханский университет», 2009. – 296 с.
4. Флора Нижнего Поволжья. – Т. 1 / отв. ред. А. К. Скворцов. – М.: Т-во науч. изданий КМК, 2006. – 435 с.
5. Красная книга Ростовской области. Том 2. Растения и грибы / Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области; О. Н. Дёмина, Ю. В. Дзигунова, О. Ю. Ермолаева [и др.]; научные редакторы: Е. Э. Мучник [и др.] ; редакционная коллегия: С. Н. Бодряков – заместитель Губернатора Ростовской области [и др.]. – Издание 3-е. – Ростов-на-Дону; Белгород: КОНСТАНТА, 2024. – 472 с.

ПОЛЕМОСТРЕСС КАК СПЕЦИФИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ФИТОИДИКАТОРОВ

Гунченко И.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Выделить фактор неспецифического стресса в ландшафтной индикации считается сложной задачей [1, 2]. На сегодня предпринимаются попытки обособления фактора военных событий от условий техногенеза [3, 4], характерных для Донбасса за 160-летний период индустриализации.

Цель работы – провести пробные тест-проверки реакции растительных индикаторов на почвенные среды, подвергшиеся разному источнику воздействия фактора возмущения – мест открытой многолетней милитаризационной активности. При использовании *Berteroa incana* наибольший диапазон чувствительности выявлен для признака тератоморфизма семядольного аппарата у проростков, стимулированного, по-видимому, именно в фазе прорастания и формирования первого настоящего листка. Если тест-система предусматривала использование *Taraxacum officinale*, то наибольшей пластичностью характеризовался признак корневого теста по густоте формирования системы боковых вторичных (магистральных) корней растения. Для каждого из указанных признаков была разработана качественная шкала оценки по 5- и 10-балльной системам. Установлено, что такой отдельно взятый тест-признак как трансформация центральных апикальных меристем корня в большей степени выявил сопряжение с факторами полемостресса, при этом рекомендовано проводить дифференциацию по отдельным гистологическим элементам.

Список литературы

1. Неспирный, В. Н. Примеры использования математической статистики при анализе экологических вопросов в Донбассе // Современное положение и инновационные тенденции преподавания дисциплин естественно-математического цикла в системе высшего образования. – Саратов, 2025. – С. 91-96. – EDN MSXXQX.
2. Сафонов, А. И. Опыт фитоиндикационной оценки антропогенных экотопов Донбасса (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2025. – № 2. – С. 16-29. – DOI 10.25750/1995-4301-2025-2-016-029. – EDN YOFKTG.
3. Галактионова, Е. В. Детализация метода фитотестирования загрязненных почв по уязвимости апикальных меристем // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 94-100. – DOI 10.5281/zenodo.14923403. – EDN СОКРWL.
4. Гермонова, Е. А. Прогнозный сценарий фактора полемостресса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 21-29. – DOI 10.5281/zenodo.15082154. – EDN BSMALQ.

СПИРАЛЬНЫЙ ФИЛЛОТАКСИС В ПОБЕГАХ ПЕРВОГО ГОДА *POPULUS TREMULA*

Гунченкова А.Д.¹, ORCID 0009-0004-2255-7114,
Войтеховский Ю.Л.², д-р г.-м. наук, проф., ORCID 0000-0002-5380-9191
¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург, РФ,
²ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена», г. Санкт-Петербург, РФ
gunchenkova2000@gmail.com, vojtechovskij@herzen.spb.ru

Филлотаксис – упорядоченное расположение листьев на стеблях и ветках. Первое упоминание о нем в научной литературе можно найти в работах Л. да Винчи (XV–XVI вв.) и И. Кеплера (1611 г.). Ш. Бонне обнаружил в спиральном филлотаксисе золотое сечение, А. Браун (1830 г.) и К.Ф. Шипмер (1835 г.) выполнили систематические измерения, О. и Л. Браве связали его с рядами Фибоначчи и доказали ряд теорем (1837 г.).

Краткая история развития и результаты этого направления исследований даны в книге [1]. Теория золотого сечения использована многими учёными, при этом не в полной мере задействованы методы кристаллографии, а именно аппарат теории симметрии. Ранее авторами показано [2], что в расположении листьев на дистальной части побега *D* реализованы все 7 бордюров, то есть линейных односторонних орнаментов. Для их описания использована строгая классификация. Но для оптимизации светового потока растения допускают и иные способы расположения листьев.

Теорию симметрии можно применить и для описания расположения листьев на вертикальном стебле. Примерами служат растения, в которых реализованы простые кристаллографические (порядков 2, 3, 4, 6) и некристаллографические (порядков 5, 8) оси симметрии. Последние показывают, что растения выходят за рамки кристаллографических видов симметрии ради создания оптимального светового потока. В указанных случаях сдвиг листьев вдоль стебля равен $1/2$ шага трансляции. Каждый следующий повернут на $1/2$ элементарного угла и потому не затемняет предыдущий. Но эти оси можно рассматривать и как винтовые: $2 \rightarrow 4_2$, $3 \rightarrow 6_3$, $4 \rightarrow 8_4$, $5 \rightarrow 10_5$, $6 \rightarrow 12_6$, $8 \rightarrow 16_8$, но только первые две остаются кристаллографическими [3].

В этой работе мы исследовали однолетние побеги осины (*Populus tremula*) от корневой поросли, так как они обладают высокой скоростью возобновления [4]. Забор материала не наносит вреда материнскому растению, что даёт возможность собирать образцы от одного растения в течение нескольких лет.

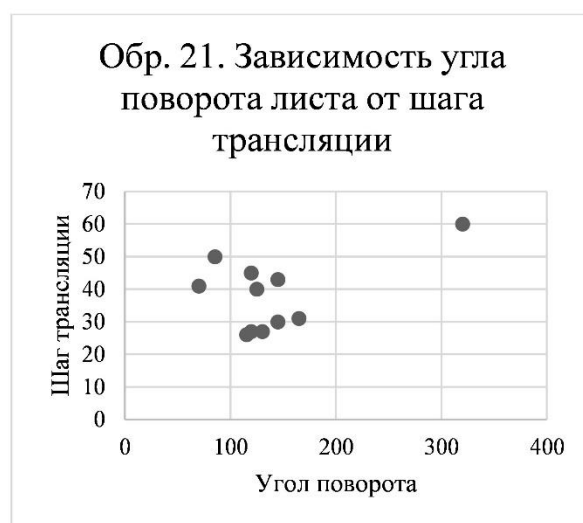
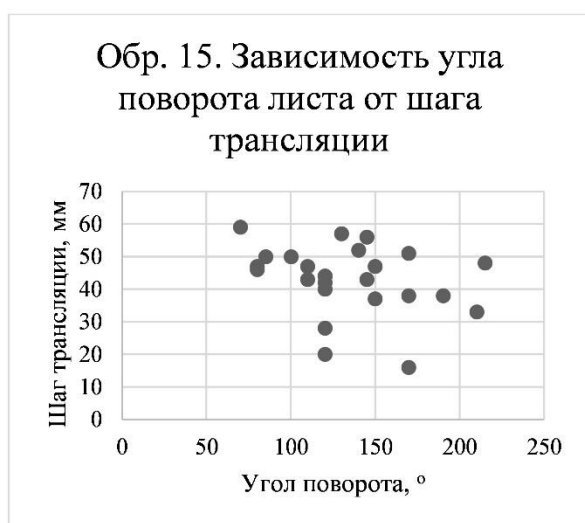
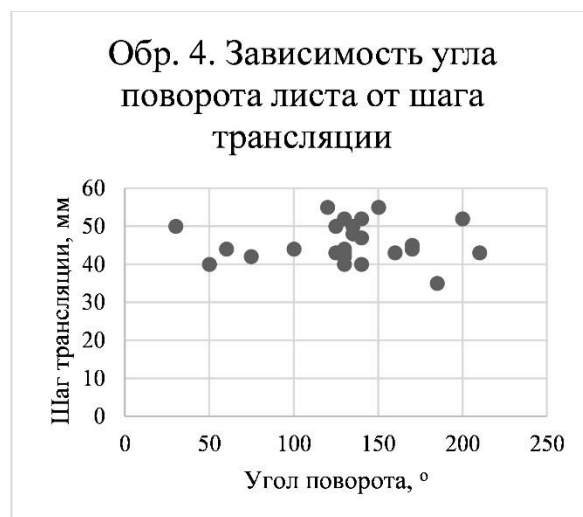
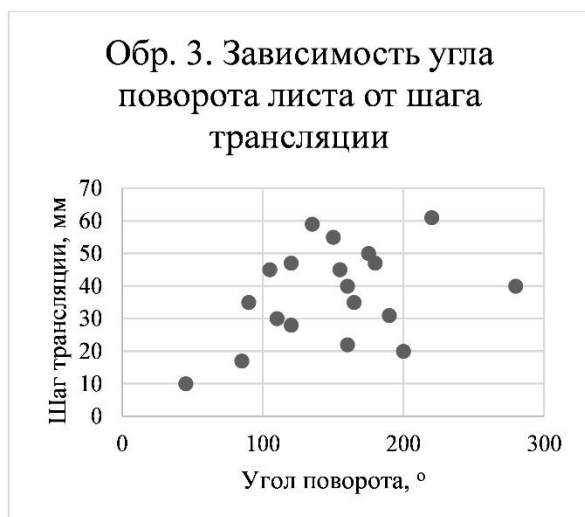


Рис. 1. Зависимость шага трансляции от угла поворота листа

В ходе исследования собраны и обработаны данные по 28 побегам. Они взяты в Ленинградской области (д. Озерки Колтушского сельского поселения) на площади 5×5 м в 2024 г. (7 образцов) и 2025 г. (21 образец).

Растения срезаны в прикорневой зоне, у каждого измерены углы поворота листа относительно 1-го (нижнего) и длина междоузлий (шаг трансляции). Направление спирали определялось по наименьшему среднему углу, рассчитанному для всего побега (он варьирует от 123° до 159°). В результате установлены право- и левозакрученные образцы.

Изучена связь между шагом трансляции и углом поворота листа относительно предыдущего (рис. 1). Разброс фигуративных точек значителен при незначимом (на уровне 0,05) коэффициенте корреляции: $r_3 = 0,3814$; $r_4 = -0,0008$; $r_{15} = -0,2992$; $r_{21} = 0,4665$; $r_{25} = 0,5851$; $r_{27} = 0,7061$ [5].

Результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Вертикальные стебли побегов в ряде случаев представимы как простые или винтовые оси симметрии: $2 \rightarrow 4_2$, $3 \rightarrow 6_3$, $4 \rightarrow 8_4$, $5 \rightarrow 10_5$, $6 \rightarrow 12_6$, $8 \rightarrow 16_8$; первые две остаются кристаллографическими, остальные переходят в разряд некристаллографических целочисленных осей.

2. Следует отличать истинное спиральное расположение листьев на стебле (то есть филлотаксис с постоянным углом поворота по или против часовой стрелки, согласованным с шагом трансляции) и псевдо-спиральное (без указанных признаков).

3. Статистические расчеты позволяют выявить нецелочисленные оси симметрии (пример дан выше – средний угол поворота листа 150° не вкладывается целое число раз в полный угол 360°).

4. Встречаемость право- и левозакрученных спиралей *P. tremula*, зависимость шага трансляции от угла поворота листа и другие признаки нуждаются в проверке на большей выборке.

Список литературы

1. Джан Р. В. Филлотаксис: системное исследование морфогенеза растений / Р. В. Джан. Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Институт компьютерных исследований, 2019. – 464 с.
2. Войтеховский Ю. Л. Филлотаксис: расположение листьев на горизонтальной ветке и кристаллографические бордюры / Ю. Л. Войтеховский, А. Д. Гунченкова // Вестник МГТУ. Биология. – 2024. Т. 27. – № 2. – С. 119–125. – DOI 10.21443/1560-9278-2024-27-2-119-125.
3. Вайнштейн Б. К. Современная кристаллография. Т. 1. Симметрия кристаллов, методы структурной кристаллографии / Б. К. Вайнштейн. – М.: Наука, – 1979. – 384 с.
4. Аверьянов Д. В., Номеровских А. В., Райхерт А. В., Штоль В. А. Вегетативное возобновление осины в зависимости от высоты срезания ее поросли. Филиал ФБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства «Сибирская лесная опытная станция». Журнал «лесоведение». 2012 год. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vegetativnoe-vozobnovlenie-osiny-v-zavisimosti-ot-vysoty-srezaniya-ee-porosli/viewer> (дата обращения: 30.09.2025).
5. Ивантер Э. В. Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. – Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 1992. – 164 с.

АНАЛИЗ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА БАЙРАЧНЫХ ЛЕСОВ НА ОСНОВЕ ГЕРБАРНЫХ СБОРОВ

Демьяненко Т.В., канд. биол. наук, ORCID 0009-0002-3798-3947

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

tvdemianenko@mail.ru

Гербарные коллекции представляют собой один из важнейших инструментов изучения биологического разнообразия растительного мира. Часто гербарные коллекции позволяют проанализировать флористический состав отдельных регионов, а в некоторых случаях и изучить динамику становления или изменения фитоценозов. Изучение гербарных сборов, имеет значение в плане биомониторинга флористических фракций [1, 2].

Цель – изучить и проанализировать видовой состав байрачных лесов на основе сборов, гербарной коллекции кафедры ботаники и экологии ФГБОУ ВО «ДонГУ».

Байрачные леса еще с XVIII являлись типичными для лесостепной растительности Донбасса. Но развитие земледелия и промышленности привело к практически полному уничтожению лесов и степной целины на водоразделах. На месте уничтоженных лесов возникла вторичная степная растительность и растительность обнажений. В гербарной коллекции кафедры ботаники и экологии ДонГУ имеются сборы с растениями, не определенными до вида, но на гербарной этикетке имеются данные по месту и дате сбора растения, а также условиях его произрастания. В работе приведены результаты из сборов, проводимых еще в 90-е годы двадцатого столетия на территории заповедника «Провальская степь». Определили 100 видов сосудистых растений, принадлежащих к 83 родам и 41 семейству. В результате установили, что в байрачном лесу наиболее богатыми флористически являются семейства *Lamiaceae*, включающее 7 видов растений, или 8,86 % общего флористического состава; *Rosaceae* и *Asteraceae*, представленные 5 видами (6,33 %) каждое; *Brassicaceae*, *Liliaceae*, *Poaceae* – 4 видами (5,06 %), а *Apiaceae*, *Boraginaceae* и *Caryophyllaceae* – 3 видами каждое. Вместе они включают 48,09 % всего флористического состава. Двумя видами представлено каждое из 13 семейств, а остальные 15 семейств – одним видом каждое. Наиболее богатой флористически является группа экобиоморф травянистых многолетников, включающая 40 видов (47,62 %) растений. В этой группе выделяется подгруппа корневищных и короткокорневищных многолетников, которая насчитывает 18 видов (21,43 %). Следует отметить, что группа травянистых многолетников включает в себя почти треть (29,76 %) всего флористического состава. Подавляющее большинство их является сорными видами. Очевидно, это следствие длительного антропогенного воздействия

на фитоценоз. Основным экологическим типом байрачных лесов является мезофильный, к которому относится 94,05 % всего видового состава. В пределах данного экотипа наиболее многочисленна группа эумезофитов, включающая соответственно 54 вида растений (64,29 %). Следующей по флористической насыщенности является группа эвримезофитов, представленная 13 видами (15,48 %). Все виды, кроме ежевики сизой, являются сорными. Специфику почвенных условий байрачных лесов, где материнские породы подходят очень близко к поверхности, а в плодородном слое многочисленны щебнистые включения, отражает экологическая группа петромезофитов, включающая 4 вида. Виды, относящиеся к экологическим группам ксеромезофитов, мезоксерофитов и эвриксерофитов, встречаются исключительно на опушках. Закономерно преобладание во флоре байрачных лесов растений, относящихся к лесному ценотическому типу, их насчитывается 52 вида (61,91 % всего флористического состава), т.е. почти две трети флоры. При этом собственно лесная ценотическая группа включает 29 видов (34,53 %). Опушечно-лесная и сорно-лесная ценотические группы в обоих фитоценозах представлены 10 видами. Во флоре байрачных лесов имеются представители лугового (9 видов) и степного ценотических типов (12 видов), причем собственно степная ценоморфа представлена одной лишь караганой кустарниковой, а остальные виды в большинстве своем относятся к опушечно-кустарниково-степной ценоморфе. Ценотический тип паразитов представлен всего одним видом – повиликой одностолбиковой. Количество видов, относящихся к сорно-рудеральному ценотическому типу 18,99 % всего флористического состава. Если учесть еще и сорные растения, имеющие приуроченность к определенным фитоценозам, то на долю сорного элемента во флоре байрачного леса придется 37,97 % всего видового состава. Этот факт четко указывает на большую степень антропогенной трансформации фитоценоза.

Флора байрачных лесов по своему разнообразию находится на среднем уровне. Под влиянием антропогенной нагрузки в байрачном лесу идет процесс смены коренного сообщества производным сообществом с преобладанием клена полевого. Видовой состав травянистого яруса объединяется и насыщается сорными компонентами, преимущественно эвритопного характера.

Список литературы

1. Демьяненко Т. В., Витязь Е. М. Перспективы создания электронного гербария в Донецком государственном университете // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 91-97. – EDN EFUIIB.
2. Чунаева, Н. В. Гербарий кафедры ботаники и экологии ДонГУ как источник климатических данных в Донбассе с 1965 года // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 170-174. – EDN KGZAPH.

ИНДИКАЦИОННАЯ СТРУКТУРНАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ *RESEDA LUTEA* L. В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОТОПАХ ДОНБАССА

Дмитриева А.П., Добжанская А.В.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
gerysenok@mail.ru, alladobzhancij@mail.ru

Тематическое направление структурной ботаники является базовым для организации исследовательской работы в техногенных и урбанизированных экосистемах Донбасса [1–3]. При этом выбор объектов для наблюдения и использования в качестве надежных информационных систем и индикаторов сопряжен с требованиями эврибионтности и возможностью проявления видами экологической пластичности при изменении отдельных параметров окружающей среды.

Цель работы – провести актуальный структурный анализ наземных вегетативных и генеративных органов *Reseda lutea* L. в экотопах разного уровня антропогенной нагрузки и хозяйственного использования территории. По результатам статистической разницы в параметрах строения цветков, соцветий, плодов, семян, листового аппарата прикорневой розетки и верхней формации составлены морфоструктурные гомологические ряды преобразований с выделением общих признаков ксерофитизации и пайноморфности в градиенте техногенной нагрузки. Установлено, что архитектура наземной части и побегообразования модельного вида зависит от фитоценотического барьера, степени проективного покрытия и механической уплотнённости субстрата. Наиболее пластичным органом (мишенью) индикационной значимости определён цветок (по количеству частей в составляющих кругах гемициклического типа на андрогинофоре), выделены частые пролиферации цветков в соцветиях средней формации для мест произрастания в экологически неблагоприятных условиях, зонах промышленного (техногенного) импакта.

Исследования проведены в ФГБОУ ВО «ДонГУ» в рамках инициативной научной темы кафедры ботаники и экологии.

Список литературы

1. Калинина, Ю. С. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 14-23. – DOI 10.5281/zenodo.14531840. – EDN GAKMLH.
2. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: ЭДИТ, 2024. – 289 с. – ISBN 978-5-605-24266-6. – EDN QVJSQE.
3. Калинина, Ю. С. Фитооптимизация техногенных ландшафтов в Донбассе на примере отвалов угольных шахт // География, экология, туризм. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2024. – С. 41-43. – EDN WQEFUE.

ЦЕНОПОПУЛЯЦИОННОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАЙНИКА ДВУЛИСТНОГО В УСЛОВИЯХ ПРИГОРОДНОГО ЛЕСА

Дорожкина Е.Н.,

Лабутина М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-0160-1479

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет

имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, РФ

labutina-m@mail.ru

В настоящее время усиление антропогенного воздействия на природные экосистемы влечет за собой неблагоприятные последствия для многих видов региональной флоры, даже для широко распространенных. В связи с этим особенно важным становится изучение специфики структуры и устойчивости ценопопуляций растений [4].

Одним из интересных видов наших лесов является майник двулистный (*Majanthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), относящийся к семейству Liliaceae [2, 6, 7].

На сегодняшний день исследования, посвященные популяциям этого вида нельзя считать исчерпывающими. Существующая научная литература в основном сосредоточена на аспектах его распространения, экологии и лекарственных свойствах, в то время как репродуктивные особенности майника двулистного остаются недостаточно изученными. Именно это обстоятельство обуславливает актуальность настоящих исследований.

Цель исследования заключается в изучении некоторых аспектов репродуктивной биологии майника двулистного. Изучение проводили в лесном массиве, расположенном на юго-западе города Саранска. Для сбора данных был определен участок размером 100 м², на котором были установлены пять учетных площадок, размером 1х1 м². В ходе работы был проведен подсчет общего числа растений майника на этих площадках. Используя методику Л. Б. Заугольной исследована возрастная структура растений на каждой площадке [5]. Подсчитывалось количество заложившихся цветков в соцветиях майника и число завязавшихся плодов, рассчитан уровень плодообразования [1]. Статистическая обработка собранных результатов проводилась стандартным образом [3].

На исследуемой территории, помимо майника, произрастает липа мелколистная (*Tilia cordata*), клен остролистный (*Aser platanoides*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*); подрост дуба черешчатого (*Querkus robur*); из травянистых репешок обыкновенный (*Agromonia eupatoria*), марьянник дубравный (*Melampyrum nemorosum*), копытень европейский (*Asarum europaeum*), ландыш майский (*Convallaria majalis*), вороний глаз (*Paris quadrifolia*), костяника (*Rubus saxatilis*) и др.

В 2022 г. на исследуемых площадках было зафиксировано 549 растений майника, из которых 462 растения находились в вегетативной фазе развития, 87 растений майника в цветущем состоянии. В 2023 г. наблюдения показали увеличение численности растений до 935, из которых 612 находилось в вегетативном состоянии и только 323 растения в цветущем состоянии. В среднем за два года исследования популяция майника была представлена 80 % вегетирующих особей и примерно 20 % цветущих растений.

Изучение уровня потенциальной и реальной семенной продуктивности показало, что плодообразование по исследуемым площадкам за два года составляло 24–27 %.

Таким образом, для более полного представления о биологии и репродуктивных возможностях майника двулистного требуется дальнейшее изучения изменений в его популяционной динамике. Углубленное исследование репродуктивной биологии и других аспектов этого вида позволит более эффективно использовать его ресурсы в будущем и обеспечит сохранение популяции майника в естественной среде.

Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2025-445 от 27.05.2025 г.)

Список литературы

1. Вайнагий, И. В. О методике изучения семенных растений // Ботанический журнал. – 1974. – Т. 59. – С. 826–831.
2. Вахрамеева, М. Г. Биологическая флора Московской области / М. Г. Вахрамеева, Н. В. Малева. – Москва : изд-во МГУ, 1990. – Т. 8. – С. 91–101.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 269-290.
4. Жукова, Л. А. Проблема сохранения биоразнообразия и роль популяционно-онтогенетического направления // Биоразнообразие. – Тверь: ТвГУ, 2012. – С. 31-35.
5. Заугольнова, Л. Б. Анализ ценопопуляций как метод изучения антропогенных воздействий на фитоценоз // Ботанический журнал. – 1977. – № 12. – С. 1767-1778.
6. Леонова, Н. Б. Постоянство и эколого-ценотические связи майника двулистного (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt) и линнеи северной (*Linnaea borealis* L.) в лесах Европейской России / Н. Б. Леонова, И. Н. Горяинова // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки. – 2016. – № 3. – С. 45-58. DOI 10.17238/issn22276572.2016.3.4
7. Сулейманова В. Н. Эколого-биологическая характеристика ценопопуляций (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt.) в условиях южной тайги и подзоны хвойных лесов (на примере Кировской области и Республики Марий Эл): автореф. дис. ... канд. биол. наук Венера Нуретдиновна Сулейманова. – Пермь, 2007. – 17 с.

ДЕТОКСИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ШАХТНЫХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Достовалова Д.А.¹, Глухов А.З.¹, д-р биол. наук, проф.,

Подгородецкий Н.С.², канд. техн. наук, доц.

¹ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ,

²Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», г. Макеевка, ДНР, РФ

donetsk-sad@mail.ru, mailbox@donnasa.ru

Одними из основных источников экологической опасности в ДНР, как антропогенно трансформированном макрорегионе, являются в первую очередь породные отвалы угольных шахт. Их негативное воздействие на окружающую среду определяется рядом факторов: изъятием из сельскохозяйственного пользования территорий с плодородными почвами, загрязнением атмосферного воздуха продуктами горения и пылевыми частицами, смывом породы с поверхности отвалов с последующим засолением почв близлежащих территорий, комплексным поражением всей биоты и других компонентов окружающей среды [1–4]. Для улучшения экологической обстановки в регионе необходимо проведение дифференцированных мероприятий (технической и биологической рекультивации), разработанных на основе мониторинговых исследований, и направленных на снижение выбросов продуктов горения (в том числе парниковых газов) и пылевидных частиц с поверхности отвалов.

Цель – анализ состояния древесных насаждений и спонтанной растительности на шахтных породных отвалах в городской черте Донецка и Макеевки, а также оценка эффективности использования древесных растений для оптимизации экологического состояния техногенных территорий.

В 2024 году был произведен отбор проб породного субстрата и растительного материала на 3 озелененных породных отвалах ДНР: шахты бывшей 6/14 (г. Макеевка), шахты 5/6 им. Димитрова и шахты Заперевальная (г. Донецк) и 1 самозаросшем плоском породном отвале шахты № 9 Капитальная (г. Донецк). Отбор проб листьев проводили методом средней пробы в нижней части кроны деревьев с внешней ее стороны (по окружности) согласно Методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства [5]. Для учета накопления металлов в условиях городской среды брали образцы за основной период вегетации (июнь-август). Отбирали листья с ветвей 1–2-го года жизни на расстоянии 2–3 м от поверхности грунта. Также был проведен лабораторный анализ пламенным атомно-абсорбционным методом на базе Министерства природных

ресурсов и экологии ДНР. Важным показателем биогенной миграции является коэффициент биологического поглощения, предложенный Б. Б. Полыновым [6]. Он характеризует интенсивность поглощения элемента растением и рассчитывается как отношение содержания химического элемента в золе растения к его содержанию в почве или в горной породе. Исследуемыми видами древесных растений являлись *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Juglans regia* L., *Acer negundo* L. Авторами была выбрана для изучения нижняя треть южного склона каждого отвала, где можно было встретить каждый из вышеперечисленных видов растений. Результаты анализа по определению валового содержания металлов представлены в таблице.

Таблица

Результаты расчетов валового содержания металлов в субстрате
озелененных породных отвалов, мг/кг

Отвал	Cd	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Fe	Cr	K	Mg	Na	Mn
шахты 6/14	1,6	20,3	26,9	9,7	55,1	118,4	22918,9	3,2	4522,3	349,6	463,5	214,0
шахты 5/6 им. Димитрова	1,7	45,8	43,1	8,6	42,4	164,3	26030,1	19,0	3577,4	3882,6	542,6	388,2
шахты Запорева	0,017	57,3	42,2	0,1	53,9	190,2	24190,3	19,2	3218,8	4906,9	309,7	225,9
шахты № 9 Капитальная	0,016	46,7	42,0	0,2	171,0	123,3	22636,3	16,3	2284,0	4553,1	132,6	402,3

На основе изучения по вариантам лизиметрического эксперимента коэффициентов биологического поглощения изучаемых металлов для каждого древесного растения были построены эмпирические ряды их накопления.

Для *R. pseudoacacia* группа биологического накопления токсикантов включает: K, Cd, Cu, Pb, Ni, Cr. Группа биологического захвата: Mg, Mn, Na, Zn, Co, Fe. Для *Q. robur* группа биологического накопления токсикантов включает: Pb, Cu, K, Na, Zn, Ni, Cd. Группа биологического захвата: Mg, Mn, Co, Cr, Fe. Для *A. platanoides* группа биологического накопления токсикантов включает: K, Cr, Pb, Cd, Na, Cd, Mg, Zn. Группа биологического захвата: Mn, Fe, Co, Cu, Ni. Для *J. regia* группа биологического накопления токсикантов включает: K, Cd, Ni, Zn, Na, Cu. Группа биологического захвата: Fe, Mn, Co, Mg, Cr. Для *A. negundo* группа биологического накопления токсикантов включает: Na, Cr, Cu, Mg, Pb, Zn, K, Na, Ni. Группа биологического захвата: Mn, Fe, Co.

Анализ данных экспериментов и расчетов показал, что различные породные отвалы, отличающиеся химическим составом слагающих пород, местом расположения, сроком эксплуатации, размерами и другими параметрами оказали влияние на значения коэффициентов биологического поглощения изучаемых элементов для всех представленных видов древесных растений. Лучшими свойствами *R. pseudoacacia* обладает к накоплению K, Cd, Cu. *Q. robur* накапливает Cu, Pb, Zn. *A. Platanoides* – K, Cr, Cd. *J. regia* L. K, Cd, Zn. *A. negundo* – Na, K, Cr.

Наблюдается тенденция повторяемости элементов, попавших в группу биологического поглощения, как и в группу биологического захвата. Лидирующими и наиболее легко усваиваемыми растениями являются К, Cd, Cu, Zn, Pb, Na. Наибольшие значения вышеперечисленных элементов зафиксированы в растительном материале *A. platanoides* и *J. regia*. Проведенное исследование растительных образцов подтвердило высокие кумулятивные особенности рассмотренных видов по отношению к ряду исследованных металлов. На основе результатов можно предложить использовать урбанодендрофлору в качестве чувствительных биоиндикаторов по отношению к металлам, что делает растения важным объектом экологического мониторинга в совокупности с исследованиями водных сред, почв и воздуха.

Принимая во внимание значения рассчитанных коэффициентов, можно сделать вывод о том, что высоким фиторемедиационным потенциалом по отношению к кадмию, меди и свинцу в диапазоне его низких и средних концентраций в почве обладают *R. pseudoacacia* и *A. platanoides*, по отношению к цинку и никелю – *Q. robur* и *A. negundo*. Фиторемедиационный потенциал *R. pseudoacacia* – Cu (0,67–2,0); Cd (0,84–2,05), Pb (0,75–1,90), *A. platanoides* – Cu (0,50–1,10); Cd (1,46–1,93), Pb (1,73–2,18), *Q. robur* – Zn (0,32–1,83); Ni (0,80–1,40), *A. negundo* – Zn (0,36–1,84); Ni (0,69–1,93).

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме «Классификация почвенно-растительного покрова с помощью методов дистанционного зондирования Земли» (регистрационный № 124101500495-0).

Список литературы

1. Калинина, А. В., Гермонова Е. А. Геостратегическая визуализация фитоценозов породных отвалов угольных шахт г. Макеевки в условиях самозарастания и рекультивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 3–4. – С. 28–34. – EDN KDDDDQU.
2. Фитогеохимические особенности некоторых отвалов угольных шахт в Донбассе / А. И. Сафонов, Д. Н. Догадкин, В. Н. Неспирный // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2024. – № 3. – С. 86–99. – DOI 10.5281/zenodo.13758560. – EDN OZLOUB.
3. Фитогеохимический профиль терриконов Донбасса: первичный скрининг и визуализация / А. И. Сафонов, В. Н. Неспирный, Д. Н. Догадкин // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – Киров: ВятГУ, 2025. – С. 96–100. – EDN EIKEZI.
4. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993–2023 годов / И. А. Федоркина // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17–21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства: А. В. Кузнецов, А. П. Фесюн, С. Г. Самохвалов (ЦИНАО). – Москва, 1992. – С. 9–14. – EDN UWFEXP.
6. Полынов Б. Б. Избранные труды: М.: Изд-во Академии наук; 1956. – 751 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Епринцев С.А., канд. геогр. наук, доц., ORCID 0000-0002-5266-9238,
Клепиков О.В., д-р. биол. наук, проф., ORCID 0000-0001-9228-620X,
Дьякова Н.А., д-р. фарм. наук, доц., ORCID 0000-0002-0766-3881,
Шекоян С.В., канд. техн. наук, ORCID 0000-0002-8178-0066,
Виноградов П.М., канд. геогр. наук, ORCID 0000-0001-6978-8463
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, РФ
esa81@mail.ru

Оценка пространственного воздействия факторов окружающей среды на качество жизни городского населения изучается во многих российских и зарубежных организациях [1–3]. Для выявления территорий риска по показателям качества окружающей среды и заболеваемости населения применяются различные методы геоинформатики, а также многомерного анализа и кластеризации, что обеспечивает высокоинформативную оценку воздействия техногенных факторов и заболеваемости на популяционном уровне [4–7].

Цель настоящего исследования заключается в разработке геоинформационной модели, повышающей качество окружающей среды, на основе изученных нами городских территорий Центральной России.

В качестве объекта исследования выбрана территория городов Воронежа, Липецка, Тулы. Предметом исследования являлись данные о состоянии окружающей среды, в числе которых уровень загрязнения атмосферного воздуха, качество питьевой воды системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, уровень загрязнения почвы селитебной территории, а также заболеваемость детского населения по данным обращаемости за медицинской помощью. В исследовании использованы данные региональной системы социально-гигиенического мониторинга, функционирующей на базе территориальных подразделений Роспотребнадзора.

Анализ полученных данных показывает необходимость разработки геоинформационных механизмов повышения экологической безопасности для населения на отдельных участках городов Воронежа, Липецка, Тулы, что в перспективе важно для подробного изучения в других крупных городах России.

Разработанный комплекс механизмов повышения экологической безопасности для населения содержит модель модернизации транспортных

сетей исследуемых городов; скорректированный баланс застройки, с внедрением в существующую застройку элементов экологического каркаса (озеленение, рекреационных микрзон) [4, 5, 7].

Основной задачей комплекса механизмов повышения экологической безопасности для населения исследуемых городов является минимизация содержания в атмосфере (как основной природной среде, формирующей зоны экологического риска) загрязняющих веществ – производных технологического прессинга города [4, 5, 7].

При этом стратегически важно скорректировать существующий баланс застройки с тем, чтобы рассредоточить непрерывную и достаточно обширную зону высокого техногенного прессинга и более высокого экологического риска на территории городов, внедрив в существующую застройку элементы экологического каркаса (озеленение, рекреационные микрзоны).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>

Список литературы

1. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса / А. И. Сафонов, А. С. Алемасова, И. И. Зиньковская [и др.] // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 10. – С. 1032-1044. – DOI 10.31857/S0016752523100114. – EDN NURQVW.
2. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.
3. Safonov, A. Indicator plants of anthropogenic disturbances: Scientific approach, educational technologies // E3S Web of Conferences: XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023). – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 01031. – DOI 10.1051/e3sconf/202343101031. – EDN LSLNVJ.
4. Стёпкин Ю.И. Заболеваемость населения регионов России как критерий социально-гигиенической безопасности территории / Ю.И. Стёпкин, О.В. Клепиков, С.А. Епринцев, С.В. Шекоян // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2020. № 6. С. 94-99. DOI 10.24411/2075-4094-2020-16773
5. Yeprintsev S.A. Assessment of the impact of technogenic air pollution on the social processes of large urbanized regions / S. Yeprintsev, S. Kurolap, O. Klepikov, S. Shekoyan // E3S Web of Conferences. – Saint Petersburg, – 2020. – P. 03009. – DOI 10.1051/e3sconf/202021503009
6. Клепиков О.В. Организация мониторинга канцерогенов в атмосферном воздухе города и оценка риска для здоровья / О.В. Клепиков, Ю.И. Стёпкин, С.А. Куролап, С.А. Епринцев // Санитарный врач. – 2020. – № 11. – С. 19-28. – DOI 10.33920/med-08-2011-02
7. Епринцев С.А. Мониторинг социально-экологических условий как механизм обеспечения безопасности населения / С.А. Епринцев, О.В. Клепиков, С.В. Шекоян // Наука Юга России. – 2021. – Т. 17. № 1. – С. 74-83. DOI 10.7868/S25000640210107

БИОТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ ГИДРОЛИЗНЫХ ЗАВОДОВ

Есякова О.А., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0003-3819-0543,

Кох Ж.А., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0003-4016-7596

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева Российская Федерация, г. Красноярск, РФ
olga-la83@mail.ru, jannetta-83@mail.ru

Лесоперерабатывающие предприятия производят значительное количество отходов, лишь малая часть которых используется в различных отраслях промышленности, а остальное не утилизируется. При этом древесные отходы являются ценным вторичным сырьем, рациональное использование которого вызывает все большую озабоченность. Значительная часть отходов производства древесной массы приходится на лигнин – сложное полимерное соединение ароматической природы. Долгое время лигнин считался нежелательным компонентом лигноцеллюлозы из-за его сложности, жесткой структуры и неподверженности биологическому преобразованию. Однако с ростом возможностей производства химических веществ из возобновляемых ресурсов, исследование лигнина в качестве сырья для производства ряда ароматических соединений путем каталитической конверсии привлекает все большее внимание. Эффективное использование биомассы в качестве сырья для производства биотоплива, материалов и химикатов требует глубокого понимания нативных структур растительных клеточных стенок, особенно химической структуры нативного лигнина.

С одной стороны, понимание химической и ультраструктуры растений может направлять разработку технологий мягкой предварительной обработки и надежных катализаторов для разделения компонентов и дальнейшей каталитической конверсии. С другой стороны, глубокое понимание структуры биомассы может проложить новые пути для рационального проектирования биоэнергетических культур с биологической точки зрения [1].

Возможности применения лигнина наиболее широко исследованы для различных типов технических лигнинов, в частности, щелочных лигнинов, образующихся при варке древесины в щелочных растворах, лигносульфонатов, получаемых при сульфитной варке древесины, и гидролитических лигнинов, являющихся результатом кислотного гидролиза древесины [2].

С учетом агрегатного состояния, топливо биологического происхождения может быть в жидком, твердом или газообразном состоянии. Наиболее распространенной формой биотоплива, безусловно,

является твердая биомасса, которая представлена в виде топливных брикетов и гранул, горючего торфа, биоугля, древесной щепы и дров [3].

Цель исследования – провести изучение содержания основных компонентов в гидролизном лигнине из отвала для установления возможности его переработки с получением высококачественного биотоплива.

Гидролизный лигнин отличается способностью переходить в вязкопластическое состояние при наложении давления порядка 100 МПа. Это обстоятельство предопределило одно из перспективных направлений использования гидролизного лигнина в виде брикетированного материала. Для того, чтобы подавить природную бактериологическую активность лигнина в отвалах, бесполезно изолировать его от окружающей среды, поскольку анаэробное сбраживание это не остановит. Анаэробным бактериям для жизни достаточно содержащегося в лигнине кислорода (до 30 %).

Термохимические расчеты показывают, что хранилище 3–4 млн. т лигнина обеспечивает бактериям питательную среду на 250 лет. А вот при нагревании лигнина до 500–550 °С все виды бактерий гибнут. Этот метод чрезвычайно эффективен, поскольку в результате термического распада органической субстанции получается твердый обугленный продукт – высококалорийное экологически чистое бездымное топливо и газообразная пиролизная субстанция, при сжигании которой подавляется рост бактерий и высвобождается энергия для пиролиза. Таким образом, одновременно решается экологическая проблема и обеспечивается самоокупаемость способа [4].

Дисперсность трудногидролизуемого лигнина (ТГЛ) зависит в основном от фракционного и ботанического состава перерабатываемого сырья. Структурно-механические свойства ТГЛ существенно зависят от его влагосодержания, дисперсности, внешнего давления и других факторов. Под действием механических нагрузок происходит объемное уплотнение массы материала, увеличение числа контактов между частицами и в результате упрочнение его структурного каркаса. Наиболее существенным в процессе формования ТГЛ является его влажность, что определяет давление прессования. Так, при гранулировании ТГЛ в фильерах, где развивается давление около 2,5–3,0 МПа, для создания максимально прочной структуры гранулы, влажность должна составлять примерно 50 %, а при брикетировании на прессах высокого давления при 100–120 МПа ТГЛ должен содержать 10–18 % влаги на рабочую массу [1, 4]. Учитывая физико-механические свойства ТГЛ, как полидисперсной многофазовой системы, способной к структурированию при определенных влагосодержании, давлении прессования и дисперсности, можно определить технологию его окускования с целью получения окускованных лигнопродуктов с заданными свойствами, необходимыми потребителю.

Результаты определения содержания основных компонентов в образцах лигнина гидролизного из отвала приведены в таблице.

Таблица

Содержание основных компонентов в лигнине гидролизном из отвала, % от массы абсолютно сухого вещества

Наименование компонента	Усредненные значения в пробах, отобранных на глубине, м	
	2	4
Всего полисахаридов, в т. ч.:	21,51	19,61
- легкогидролизующих	1,63	1,65
- трудногидролизующих	19,88	17,96
Редуцирующие вещества	1,5	1,1
Целлюлоза	18,86	17,04
Лигнин	47,94	52,71
Зола	9,56	5,65
Кислотность (в пересчете на H ₂ SO ₄)	0,1	0,1
Летучие вещества	55,3	65,11

Вследствие повышенного содержания углерода (59–67 %) и незначительного содержания карбоксильных групп энергетическая ценность гидролизных лигнинов по выходу летучих горючих компонентов значительно выше, чем у древесины.

Исходя из проведенных исследований, содержание горючих веществ в гидролизных лигнинах составляет 58–75 %. Выделяясь при нагреве лигнина, они способствуют ускорению воспламенения части топлива и его выгоранию. Чем больше углерода в элементном составе топлива, тем выше его теплотворная способность. Поскольку лигнин имеет в своем составе больше углерода (62–70 %), чем целлюлоза и древесина (<50 %), его теплотворная способность выше, что подтверждает возможность использования гидролизного лигнина как сырья для получения биотоплива.

Список литературы

1. Севастьянов, С. Н. Биоэнергетика. Древесные (топливные) гранулы / С. Н. Севастьянов. // Вестник ОГУ. – 2009. – № 10 (104). – С. 133-138.
2. Imam, S. H. Biobased adhesive, gums, emulsions, and binders: current trends and future prospects / S. H. Imam, C. Bilbao-Sainz, B.-S. Chiou. // Journal of Adhesion science and technology. – 2013. – Vol. 27, № 18-19. – P. 1972-1997.
3. Грибков, И. В. Изучение строения и свойств промышленных гидролизных лигнинов / И. В. Грибков, С. М. Крутов, М. Я. Зарубин. // Известия СПбГЛТА Санкт-Петербург: ГЛТА, 2007. – Вып. № 179. – С. 201-210.
4. Пономарев, Д. А. Аналитический пиролиз лигнина и углеводов / Д. А. Пономарев, С. А. Шергина. // Химия древесины. – 1990. – № 5. – С. 3-11.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ ООО ИМЕНИ ТЕЛЬМАНА СЕЛА АНОШКИНО ЛИСКИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Жигулина Е.В., канд. геогр. наук, доц., ORCID 0000-0002-5245-3496,
Кочемасов К.В., Карки А.Б.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, РФ
kochemasovkonstantin@yandex.ru

Агрохимический анализ является одним из важнейших типов прикладных научных работ для обеспечения стабильной функциональности сельскохозяйственных предприятий (разработки плана внесения удобрений). Каждый из показателей (элементов) выполняет свою собственную функцию в ландшафтной структуре, а количество биологического вещества позволяет отслеживать динамику плодородия сельхозугодий.

Так, по результатам исследований в 2020 году нами проведен анализ агрохимических показателей на территории ООО имени Тельмана.

ООО имени Тельмана занимает окрестности села Аношкино Лискинского района Воронежской области и входит в состав Старохворостанского сельского поселения, располагается в северной части района [2]. Проанализировав размещения отдельных химических элементов с распространением органического вещества в пределах исследуемой территории, было установлено, что ситуация по агрохимическим показателям нормальная, но к западу и центру происходит снижение запасов органических запасов, что предполагает внесение определенных удобрений для стабилизации ситуации.

Далее проведен анализ по наиболее значимым показателям. Количество органического вещества вычислялось по формуле [3]:

$$C = \frac{\Gamma}{1,724},$$

где С – содержание органического вещества (углерода), %; Γ – содержание гумуса, %; 1,724 – коэффициент перевода

Выделены следующие градации содержания органического вещества в почвах сельхозугодий ООО Имени Тельмана аналогично градации Тюрина [5] по содержанию гумуса с процентом, который занимает градация от общей площади хозяйства: очень низкое (2,2 %), низкое (37,8 %), среднее (55,9 %), высокое (4,1 %).

Для кислых, слабокислых и нейтральных почв обменные основания (Са, Mg) положительно влияют на сельскохозяйственные структуры: улучшают коагуляцию коллоидных систем. Среднее содержание кальция в хозяйстве по результатам исследования составляет 15,86 мг-экв/100г почвы,

а магния 3,5 мг-экв/100г почвы. Соотношение Ca:Mg в хозяйстве 4,5:1 (оптимальным является 5:1 для черноземов) [1].

Среднее содержание P_2O_5 составляет 68 мг/кг. Оптимальными характеристиками для типичных и выщелоченных черноземов являются 100–150 мг/кг, что говорит о его недостатке в почве.

Среднее содержание K_2O составляет 106 мг/кг. Оптимальными характеристиками для типичных черноземов являются 140-160 мг/кг и выщелоченных – 120–150 мг/кг, что также далеко до оптимума [2].

Емкость поглощения варьируется от 10 до 30 и в среднем составило 25,9 мг-экв/100г почвы. Все вычисления проводились по формуле [4]:

$$E = (Hr + S),$$

где E – емкость поглощения, S – общее количество катионов, Hr – гидролитическая кислотность.

Степень насыщенности основаниями рассчитывалась нами по формуле [4]:

$$V = \frac{S}{(Hr + S)} \times 100\%,$$

где V – степень насыщенности основаниями, S – общее количество катионов, Hr – гидролитическая кислотность.

Среднее содержание этого показателя в ООО Имени Тельмана по нашим расчетам составило 82,7 % – значение является оптимальным.

Zn оптимизирует питание почв - среднее содержание 0,42 мг/кг.

Cu активирует процессы фотосинтеза, недостаток вызывает нарушение генеративных органов сельскохозяйственных культур и приводит к снижению устойчивости к заболеваниям. Среднее содержание – 0,06 мг/кг.

Co – тяжелый металл, который может накапливаться в почвах, приводя к усилению процессов дыхания и фотосинтеза и ослаблению физико-биологических процессах в почве. Значения в почве варьируются от 0,05 до 0,09 мг/кг. Mn участвует в белковом и углеродном обмене, является катализатором в процессе дыхания у растений. Среднее содержание составляет 24 мг/кг, что соответствует высокой градации.

В хозяйстве зафиксирован недостаток серы. Это компенсируется за счет внесения сульфата аммония $((NH_4)_2SO_4)$ на сельскохозяйственных землях.

Таким образом, можно говорить о достаточной обеспеченности хозяйства органическим веществом, обменными основаниями и большинством микроэлементов, за исключением небольшого западного участка исследуемой территории. Но ситуация не критическая, поэтому оптимальные значения необходимо поддерживать за счет соблюдения агрохимических приемов и внесения органических, минеральных и нетрадиционных форм удобрений.

Составлена картосхема размещения органического вещества и обменных оснований на территории ООО имени Тельмана с. Аношкино Лискинского района Воронежской области (рис.).

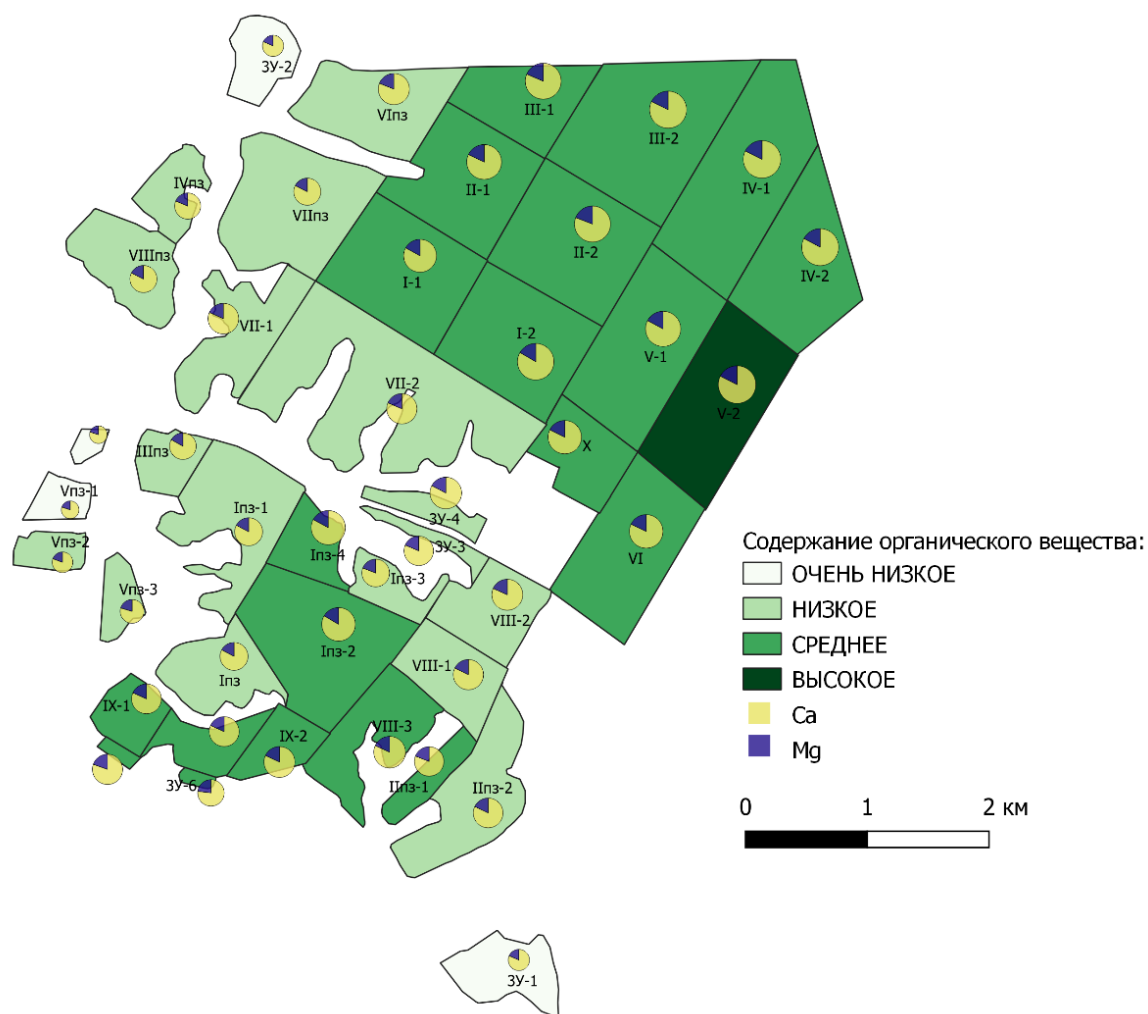


Рис. Картохема размещения органического вещества и обменных оснований на территории ООО имени Тельмана с. Аношкино Лискинского района Воронежской области (составлена авторами)

Список литературы

1. Воеводина, Л. А. Магний для почвы и растений / Л. А. Воеводина, О. В. Воеводин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – № 2(18). – Новочеркасск: ФГБНУ «РНИИПМ», 2015. – С. 70-81
2. Жигулина, Е. В. Современное состояние агроландшафтов окрестностей с. Аношкино Лискинского района Воронежской области / Е. В. Жигулина, К. В. Кочемасов // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. – Воронеж: ООО «Цифровая полиграфия», 2025. – С. 293-296.
3. Прожорина, Т. И. Химический анализ почв. Часть 1. / Т. И. Прожорина, Е.Д. Затулей. – Воронеж: ИЦ ВГУ, 2008. – 32 с.
4. Рябинина, О. В. Химические, физические и биологические методы исследования почв / О. В. Рябинина, Н. В. Матвеева. – Иркутск: ИрГАУ им. А.А. Ежовского, 2017. – 129 с.
5. Тюрин, И. В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии: учение о почвенном гумусе / И. В. Тюрин. – Москва; Ленинград: Сельхозгиз, Ленинградское отделение, 1937. – С. 270-286.

СОРТА ВИНОГРАДА, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДЛЯ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНА В УСЛОВИЯХ Г. ДОНЕЦКА

Жуков С.П., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0003-4163-4926
ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ
ser64luk@yandex.ru

В современной урбанистике и ландшафтном дизайне в настоящее время намечается тенденция усиливать проявления региональной идентичности, вплетая местный колорит и историческую специфику в создаваемые композиции, для создания местного «имиджа», отражающего специфичность региона, визуальными средствами [1]. Как социокультурный феномен рассматривается и городская идентичность, отражающая городской ландшафт, местную культурную и историческую специфику [2]. В этом плане активно идущие в настоящее время процессы реконструкции зеленых насаждений г. Донецка, его скверов и парков не должны стоять в стороне. В г. Донецке, как и во всем регионе, традиционно широко используется выращивание сортового винограда для создания навесов, беседок, притеняющих укрытий, что обусловлено сильной инсоляцией и высокими дневными температурами в теплое время года. Но ассортимент таких посадок зачастую устарел, используется много сортов селекции XIX–начала XX века.

Цель нашего исследования – анализ перспектив использования сортов современной селекции в коллекции Донецкого ботанического сада для ландшафтного дизайна.

Коллекция сортового винограда Донецкого ботанического сада в рельефном отношении находится на перевале между городами Донецк и Макеевка и за счет несколько более жестких условий экотопов вследствие большей высоты над уровнем моря и ветровой нагрузки может служить репрезентативной территорией для испытания устойчивости сортов винограда в местных условиях. В настоящее время в коллекции имеется ряд сортов современной селекции, соответствующих критериям использования в городском озеленении по зимостойкости и устойчивости к болезням. Критическим уровнем морозостойкости для них сейчас можно считать -26 – -27°C , но вероятно дальнейшее снижение этого уровня в связи с изменениями климата. Это такие сорта, как Бако нуар, Гечей заматощь, Донецкий арочный, Каберне северный, Кишмиш запорожский, Ла Креснт, Лидия, Мускат аксайский, Регент, Сестрица, Фиолетовый ранний, Фронтиньяк, Элегия. Также есть подвойные сорта, цветущие без плодоношения, для мест, где плодоношение нежелательно. С 2022 года эти сорта испытаны в условиях неукрывной культуры.

В историческом плане использование винограда на придомовых территориях как в регионе, так и в г. Донецке имеет давнюю традицию. Использование южных экспозиций при этом не только защищало от повышенных температур летом, но и обеспечивало лучшие условия для созревания винограда. В г. Донецке имеются образцы винограда с толщиной штамба до 30 см и более, растущие с середины XX века, а по указаниям старожилов, виноград выращивался как минимум с начала XX века. Но это в основном изабельные сорта и гибриды прямые производители, как наиболее устойчивые в тех условиях. В настоящее время до 40–70 % дворов в частном секторе разных районов имеют солнцезащитные конструкции с виноградом. И это является той местной спецификой, ребрендинг которой может стать «изюминкой» городского ландшафтного дизайна.

Кроме традиционных «навесов» или как их называют в средиземноморских регионах «пергол», можно предложить опорные конструкции и других форм, что позволяет реализовать пластичность данной культуры. Это и зеленые коридоры, разнообразные арки, зеленые завесы (шпалеры со свисающим приростом), Г и Т -образные шпалеры на линейных участках вдоль дорожек, беседки различных форм и размеров над лавочками, местами отдыха, игровыми площадками.

Сорта современной селекции обеспечивают более высокое качество винограда как сырья для переработки или использования в свежем виде, и их использование в частном секторе возможно и с этими целями. В городских условиях плоды винограда несут эстетическую функцию благодаря разнообразию окрасок и форм, создают эффектный ароматический фон в период цветения, а также могут служить привлечению птиц в скверы и парки, как кормовая база для них.

Таким образом, для применения в ландшафтном дизайне в условиях г. Донецке имеется ряд сортов винограда, относящихся к техническим и столовым сортам, в том числе бессемянные сорта. Кроме средообразующей функции в дизайне эти сорта могут служить для привлечения птиц в городские насаждения, а в определенных условиях и использоваться для потребления или переработки. А их использование в дизайне городского озеленения позволит отразить местную историю и специфику, формировать городской «имидж».

Исследования проводились в рамках государственного задания ФГБНУ ДБС по теме № 123101300192-1.

Список литературы

1. Аристова А. В., Краснобаев И. В. Архитектурно-градостроительный брендинг территорий как ключевой фактор развития города // Известия Казанского гос-го архит.-строит-го унив-та. – 2016. – №1(35). – С. 7–15. EDN: VUSKCD
2. Горнова Г. В. Визуально-семиотические аспекты городской идентичности // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2019. – № 3 (21). – С. 62–74. DOI 10.23951/2312-7899-2019-3-62-74.

РОЛЬ БОТАНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ В ПРОФОРИЕНТАЦИИ ДОНГУ

Зусарь К.Д.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kostya.zusar@mail.ru

Ресурсный потенциал ботанико-экологических направлений исследования в Донбассе определяется как уникальной природой, так и учеными, работающими в этой отрасли и в этом регионе [1]. В системе образования важен факт обеспеченности учебной продукцией [2], а для сохранности артефактов целесообразно накапливать информацию, документы и образцы в качестве музейных экспонатов [3].

Цель работы – рассмотреть ресурсный потенциал ботанического музея ДонГУ в аспекте использования в научной сфере, профориентационной работе со школьниками, при подготовке студентами выпускных работ. В результате выполненной работы констатировали, что сохранность ботанических артефактов представляет собой стратегический интерес в реализации многих мероприятий Всероссийского уровня (конкурсы, экскурсии и пр.), а также позволяет ретроспектировать некоторые климато- и токсико-характеристики природной среды по имеющимся гербарным фондам, ботаническим коллекциям семенного и др. содержания. В октябре 2025 г. был третий раз проведен Всероссийский конкурс для школьников БИОНИКУЛЫ, в основу заданий которого были положены демонстрации экспонатов музея. Особенностью видеоматериала было то, что он снят без добавления спецэффектов, иллюстраций из других баз данных, а только на основании артефактов ботанического музея ДонГУ. В конкурсе приняли участие более 160 школ из 6 регионов РФ, что позволяет считать его Всероссийским и, с учетом регулярности проведения, было принято решение актуализировать новые задания на весенних каникулах в 2026 году. Более 5,5 тыс. школьников РФ приняли участие в анализе вопросов интеллектуального соревнования.

Список литературы

1. Горецкий, О. С. К 115-летию выдающегося биолога Фёдора Львовича Щепотьева (1906-2000) // Историко-биологические исследования. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 169-183. – DOI 10.24412/2076-8176-2021-4-169-183. – EDN ZUJVDA.
2. Сафонов, А. И. Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонГУ // Донецкие чтения 2019. – Донецк: ДонГУ, 2019. – С. 294-297. – EDN AZCFDC.
3. Петкогло, О. В. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 72-79. – EDN GTDLEL.

РЕПАТРИАЦИЯ, ИНТРОДУКЦИЯ И РАССЕЛЕНИЕ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЗАПОВЕДНИКЕ «ЯГОРЛЫК» (ПРИДНЕСТРОВЬЕ)

Ионова Л.Г.^{1,2}, ORCID 0009-0004-6075-8013,

Золотарева Г.В.², канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-8450-9845,

¹ГУ «Государственный заповедник «Ягорлык», с. Гояны, Дубоссарский район,
Приднестровская Молдавская Республика

²ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,
г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика
ludochkaionova@yandex.ru, zolotarova_g_v@mail.ru

Согласно Конвенции о биологическом разнообразии (статья 8, пункт f), «Государство принимает меры по реабилитации и восстановлению деградировавших экосистем, содействует восстановлению редких и исчезающих видов, в частности посредством разработки и реализации специальных планов и иных управленческих стратегий» [1].

Создание новых популяций редких видов растений имеет важное значение для их долгосрочного выживания в природе. Реинтродукция в пределах исторического ареала вида, является инструментом сохранения, который может снизить риск исчезновения видов за счет увеличения численности и размера их популяций. Проекты по реинтродукции – эксперименты с долгосрочным мониторингом вновь созданных популяций, которые, к тому же, дают возможность получить биоэкологическую информацию по реинтродуцируемым видам [2–4].

Заповедник «Ягорлык» расположен на территории Приднестровья (ПМР) в 12 км севернее г. Дубоссары. На сегодняшний день, он является единственным научным резерватом Приднестровской Молдавской Республики. Большая его часть – антропогенно измененная территория (лесопосадки чужеродных видов: *Robinia pseudoacacia*, *Pinus pallasiana*, *Ailanthus altissima*) и др. В последние годы, заповедник активно используется в качестве туристического объекта, то есть, по сути, он более соответствует статусу Национального парка.

В статье представлен краткий отчет о вышеобозначенных мероприятиях, проведенных нами в заповеднике в 2020-23 гг. Целью публикации является информирование ботаников, которые, возможно, продолжают в будущем эти работы. Сведения о местах высадки и количестве растений необходимы для мониторинга (если таковой будет вестись) основанных микропопуляций. Растения, использованные для репатриации-интродукции-расселения, в подавляющем большинстве, были выращены в культуре в Тирасполе (на дачном участке).

***Galanthus nivalis* L. – Подснежник снежный.** [(EN) Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 07.09.2021 г. в байрачной дубраве в верховьях ур. Литвина (47°24'38"N 29°10'33"E) высажены 33 луковицы. Посадочный материал был взят из коллекции в г. Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Бугорня окр. с. Рашково Каменского района ПМР. 19.03.2023 г. в месте высадки было обнаружено 2 цветущих экземпляра, сколько всего сохранилось растений, определить не удалось. Имеется существенная угроза уничтожения локалитета кабанами (*Sus scrofa*).

***Doronicum hungaricum* (Sadl.) Reichenb. - Дороникум венгерский.** [(EN) Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). На территории ПМР известно только одно естественное место произрастания вида - в ур. Литвина. Для репатриации и расселения вида использован посадочный материал из коллекции в г. Тирасполе. Исходные 3 экземпляра, послужившие основой культуры дороникума в Тирасполе, были взяты 09.05.2008 г. из ур. Литвина (47°24'40"N 29°10'30"E). Растения хорошо размножились, обладают рядом положительных свойств и рекомендуются для озеленения городов и сел ПМР. В период массовой численности диких свиней в резервате (2010-2017 гг.), растения in-situ были почти полностью съедены кабанами. Однако, в 2020 году обнаружена небольшая популяция на старом месте (семенного происхождения). В заповеднике в 2017 году осуществлена репатриация вида в парке (растения хорошо прижились, цветут и распространяются). 23.04.2020 г. высажены 2 группы в урочище Литвина (47°24'15"N 29°11'03"E) – 5 экз. и (47°23'07"N 29°10'25"E) – 24 особи. 08.05.2020 г. – высажены 5 куртин в ур. Цыбулевка (47°23'23"N 29°09'08"E). 11.11.2020 г. – 23 растения в верховьях ур. Литвина. 07.10.2021 г. высажены 5 групп в низовьях ур. Литвина (47°23'30"N 29°11'21"E). 13.03.2023 г. высажены 9 групп в средней части ур. Сухой Ягорлык (47°21'22"N 29°11'13"E). По состоянию на 2023 год можно констатировать, что большая часть растений, высаженных в 2020-21 гг. была съедена кабанами, либо погибла из-за засух. Из числа растений, высаженных в ур. Литвина (47°24'15"N 29°11'03"E) сохранились две куртины (генеративные), которые оказались защищены корнями деревьев.

***Ephedra distachya* L. - Хвойничок двухколосковый.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 06.10.2020 г. в урочищах Цыбулевка и Литвина были высажены 10 генеративных особей. Все растения были политы, в последующие дни в заповеднике прошли дожди. По состоянию на 07.11.2020 – растения прижились. Исходный посадочный материал был взят 05.10.2020 г. в Григориопольском районе ПМР (точные координаты, по понятным причинам, не указываются). К сожалению, по состоянию на 2023 год, можно констатировать, что растения погибли, вероятно, из-за засух. Считаем, что интродукцию эфедры следует проводить путем посева ее «шишкоягод».

***Iris graminea* L. – Ирис злаколистный.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 07.11.2020 г. в урочище Цыбулевка (47°23'23"N 29°09'08"E) высажены 15 куртин вида. 11.11.2020 г. – 17 куртин в верховьях ур. Литвина (47°24'38"N 29°10'33"E), там же 07.09.2021 г. высажены еще 7 куртин. 03.08.2022 г. в парке резервата были высажены 15 особей. 13.03.2023 г. высажены 9 групп в средней части ур. Сухой Ягорлык (47°21'22"N 29°11'13"E). Использован посадочный материал из коллекции в Тирасполе (исходное происхождение – урочище Калагур в окр. с. Строенцы Рыбницкого района). По состоянию на 2023 год можно констатировать, что часть растений смогла прижиться (особенно в парке резервата), другая часть погибла из-за засух, либо была уничтожена кабанами.

***Iris halophila* Pall. – Ирис солелюбивый.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 03.08.2022 г. в урочище Балта (47°23'09"N 29°11'26"E) были высажены 37 экземпляров разновозрастных растений. В парке резервата посажены 5 особей. Использован посадочный материал из коллекции в Тирасполе смешанного происхождения – верховья ур. Сухой Ягорлык × заказник «Ново-Андрияшевка».

***Iris hungarica* Waldst. & Kit. – Ирис венгерский.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 07.09.2021 г. возле «экотропы» на участке «Мост – ур. Литвина» (47°23'14"N 29°10'04"E) были высажены 6 куртин. Посадочный материал был взят из коллекции в г. Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Бугорня окр. с. Рашково. Высаженные в 2021 году растения были уничтожены кабанами. В июне 2022 года на том же месте (у «подножья» валуна) повторно были высажены 5 экземпляров.

***Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. & C.B. Lehm. – Молодило русское.** [(EN) Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). В низовьях урочища Цыбулевка (47°23'23"N 29°09'19"E) в двух местах на краю известняковых обрывов были высажены имматурные и виргинильные особи вида: 30 экз. (20.10.2020 г.) и 53 экз. (07.11.2020 г.). 06.09.2021 г. искусственная популяция вида в низовьях урочища Цыбулевка пополнена 27 разновозрастными особями. Посадочный материал был взят из коллекции в Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Червона Гора у с. Рашково (47°56'13"N 28°50'36"E). Следует подчеркнуть, что большинство растений, высаженных на участке в 2020-21 годах успешно прижились. Однако летом 2022 года много особей молодила были выкопаны людьми. В дальнейшем планируется дополнительная посадка *Sempervivum ruthenicum* в ур. Цыбулевка в труднодоступном для людей месте (в коллекции ex-situ выращивается посадочный материал).

***Fritillaria montana* Норре – Рябчик горный.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 24.09.2020 г. в парке заповедника высеяно 100 семян вида. 14.06.2022 г. были высажены: 65 луковиц и высеяны семена в ур. Литвина (47°24'15"N 29°11'03"E); 6 экземпляров посажены в двух местах в административно-парковой зоне заповедника.

Посадочный материал был взят из коллекции в г. Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Бугорня окр. с. Рашково. Весной 2023 году в ур. Литвина в месте посадки удалось обнаружить 6 вегетирующих экземпляров, цветущие растения обнаружены не были. Определить сколько рябчиков прижилось, можно будет только в последующие годы.

***Tulipa biebersteiniana* Schult. &Schult.fil. - Тюльпан Биберштейна.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). В ПМР встречаются два «подвида». Ксерофильная морфа (*T. hypanica*) и мезофильная морфа (*T. quercetorum*). Для высадки *T. hypanica* был выбран западный склон коренного берега Днестра (47°22'32"N 29°08'48"E) урочища Цыбулевка, который аналогичен исходному месту произрастания вида в окр. Григориополя («Пугаченский склон» [6]). 06.09.2021 года были высажены 23 разновозрастные луковицы на площадке около 1.5×1 м. Семь луковиц мезофильной морфы *T. quercetorum* высажены 10.10.2022 года в парке резервата. Посадочный материал был взят из коллекции в г. Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Бугорня окр. с. Рашково. Учитывая кормовую привлекательность тюльпана для кабанов, высадка вида в урочищах заповедника пока нецелесообразна. Предполагается формирование полноценной популяции вида в парке ООПТ.

***Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawl.) Spreng. – Брандушка разноцветная.** [(EN) Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 23.03.2021 года 50 разновозрастных экземпляров были высажены на участке 15×10 м на юго-западном склоне в верховьях урочища Сухой Ягорлык (47°20'26"N 29°12'23"E). Происхождение посадочного материала – окр. с. Колосово Григориопольского района ПМР. 13.03.2023 г. во время обследования места высадки брандушек удалось обнаружить только четыре отцветающих экземпляров (из-за теплого февраля и марта развитие растений прошло в более ранние сроки), сколько всего растений сохранилось, в 2023 году определить не удалось. Участок почти не нарушается пороями кабанов, поэтому можно надеяться на успешное формирование там локалитета вида.

***Veratrum nigrum* L. – Чемерица черная.** [(VU) Vulnerable] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 23.04.2020 г. высажены 11 экземпляров имматурных и виргинильных растений в урочище Литвина (47°24'15"N 29°11'03"E). 08.05.2020 г. высажены 5 имматурных растений в низовьях ур. Цыбулевка (47°23'23"N 29°09'08"E). 07.09.2021 г. высажены 9 экземпляров имматурных и виргинильных растений в байрачной дубраве в верховьях ур. Литвина (47°24'38"N 29°10'33"E). Посадочный материал был взят из коллекции в г. Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Бугорня в окр. с. Рашково (48°00'18"N 28°52'55"E). В 2023 году оценено состояние ранее высаженных растений в ур. Литвина (47°24'15"N 29°11'03"E), из 11 растений, сохранились 7 особей. Установлено хорошее состояние и дальнейшее развитие саженцев. Из-за ядовитости растений, они не

повреждаются кабанами, что позволяет с оптимизмом оценивать перспективу расселения вида в заповеднике.

***Gymnospermium odessanum* (DC.) Takht.** – Гимноспермиум одесский. [(EN) Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 23.04.2020 г. высажены клубни в 3-х местах заповедника: возле экотропы на участке «Мост – ур. Литвина» (47°23'14"N 29°10'04"E) – 5 штук; на опушке робиниевой посадки наверху склона ур. Литвина (47°23'15"N 29°10'10"E) – 10 штук; в парке заповедника – 6 штук. Посадочный материал был взят 20.03.2020 г. в 8 километрах от границ заповедника в урочище «Тамашлык» (47°17'21"N 29°15'42"E). 14.06.2022 г. в старовозрастной посадке робинии в верховьях ур. Сухой Ягорлык (47°20'29"N 29°11'31"E) были высажены 18 клубней. Посадочный материал был взят из коллекции в г. Тирасполе, его исходное происхождение – ур. Тамашлык. Гимноспермиум, высаженный в 2020 году в административно-парковой зоне заповедника прижился, цветет и дает семена, в верховьях Сухого Ягорлыка (47°20'29"N 29°11'31"E) 13.03.2023 года были учтены 4 генеративных и 2 прегенеративных экземпляра, остальные либо были уничтожены кабанами, либо просто не были найдены.

***Pulsatilla grandis* Wend.** – Прострел крупный. [(CR) Critically Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 23.04.2020 г. высажены имматурные и виргинильные растения (7 экз.) на склоне ур. Литвина, напротив базы (47°23'16"N 29°10'08"E). Растения были взяты в тот же день из естественного локалитета вида в урочище Литвина (47°23'37"N 29°11'20"E). Из ценопопуляции ур. Балта (47°22'52"N 29°11'58"E) 08.05.2020 г. были взяты 13 виргинильных экземпляров и в тот же день высажены в верховьях ур. Сухой Ягорлык (47°20'29"N 29°11'44"E), помимо того были собраны созревшие семена прострела и высеяны в ур. Балта напротив «Дойбанского залива» (47°23'04"N 29°11'27"E) и на поляне в низовьях ур. Цыбулевка (47°23'25"N 29°09'14"E). В конце апреля 2022 года осуществлен высев свежесобранных семян прострела (с неглубокой заделкой в грунт) в ур. Балта и в ур. Литвина («склон напротив базы»).

***Digitalis grandiflora* Mill.** – Наперстянка крупноцветковая. [(EN) Endangered] Красная книга Приднестровья (2020 [5]). 30.04.2020 г. высажены 3 куртины в урочище Балта (47°22'49"N 29°11'38"E) на поляне в нижней части склона северной экспозиции (место очень похоже на участок естественного произрастания вида в ур. Бугорня (48°00'18"N 28°52'55"E), откуда был взят исходный посадочный материал). 07.09.2021 г. высажены 5 куртин в байрачной дубраве в верховьях ур. Литвина (47°24'38"N 29°10'33"E). По наблюдениям 2022-23 годов, растения, высаженные в ур. Балта сохранились.

Таким образом, нами в 2020-2023 годах были репатриированы, интродуцированы и расселены 14 видов редких растений.

Следует упомянуть, что говорить об удачной репатриации/интродукции редких растений в заповеднике преждевременно. Их можно будет считать прижившимися, только когда начнется цветение и плодоношение, сопровождающееся семенным и вегетативным расселением в местах высадки. Для этого потребуется несколько лет.

По состоянию на 2023 год мы можем позитивно оценивать результаты высадки четырех видов: чемерицы, молодила, дороникума и гимноспермиума.

Процесс расселения редких растений лимитируется не только биологическими особенностями видов и климатическими условиями, но и вредоносной деятельностью кабанов, а также антропогенным фактором (выкопка некоторых высаженных растений).

В связи с высокой численностью кабанов, считаем целесообразным высадку лесных растений непосредственно вплотную к стволам деревьев между выступающими из земли корнями, либо под защитой крупных камней (валунов). Луговые и степные растения необходимо высаживать в местах малопривлекательных для кабанов (каменистые склоны и т.п.). Некоторые, трофически особенно привлекательные виды (например, тюльпан Биберштейна, лилия мартагон), пока имеет смысл высаживать только в парке резервата, куда кабаны пока еще не заходят.

За разностороннюю помощь выражаем искреннюю признательность А.А. Тищенко, А.И. Шиндеру и Т.Д. Изверской.

Список литературы

1. Конвенция о биологическом разнообразии // Охрана окружающей среды. Сборник Международных правовых актов. Т.1. – Кишинев: Biotica, 1998. - С. 20-51.
2. Maunder, M. Plant reintroduction: an overview / M. Maunder // Biodiversity and Conservation. 1992. – V. 1. – P. 51-61.
3. Walck, J. L. The endangered Tennessee purple coneflower *Echinacea tennesseensis* (Asteraceae): Its Ecology and Conservation / J. L. Walck, T. E. Hemmerly, S. N. Hidayati // Native Plants Journal. – 2002. – V. 3 (1). – P. 54-64. - DOI 10.3368/npj.3.1.54.
4. Maschinski, J. Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils / Joyce Maschinski, Kristin E. Haskins. – Washington: Island Press, 2012. – 432 p.
5. Красная книга Приднестровской Молдавской Республики: монография / Министерство с/х-ва и природных ресурсов ПМР; редколлегия: Е. М. Коваль (председатель), Л. В. Пилькова, С. И. Берил [и др.]; сост.: О. С. Безман-Мосейко [и др.]. – 2-е изд. – Тирасполь-Бендеры: Полиграфист, 2020. – 560 с.
6. Ионова, Л. Г. Флора Пугаченского склона / Л. Г. Ионова, Г. В. Золотарева // Управление трансграничным бассейном Днестра и евроинтеграция – шаг за шагом: матер. Междунар. конф. – Кишинев: Eco-TIRAS, 2022. – С. 105-109.

***GRINDELIA SQUARROSA* (PURSH) DUNAL
НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ДОНЕЦКОЙ
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Калинина А.В., ORCID 0009-0007-0789-5512

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kalinina.angela91@mail.ru

Растительные сообщества, сформированные на антропогенно трансформированных территориях, являются уязвимыми для проникновения чужеродных видов. Около 80 % площади ДНР представляют собой территории, преобразованные вследствие хозяйственной деятельности человека. Поэтому проблема адвентизации флоры особенно актуальна для данного региона [1–3].

Гринделия растопыренная (*Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal) – адвентивное растение, инвазивный вид в ряде регионов РФ. *G. squarrosa* имеет американское происхождение, относится к семейству Asteraceae. Представляет собой двулетнее или однолетнее травянистое растение, с приподнимающимися, реже прямостоящими ветвистыми стеблями. Цветки желтые, собраны в соцветия, многочисленные, цветет преимущественно на второй год жизни. При благоприятных условиях период цветения длится с июня по октябрь [4, 5]. *G. squarrosa* чрезвычайно устойчива к ряду негативных факторов, свойственных урбанизированным территориям: физических, механических, химических воздействий, а также засухе, перепадам температур, уплотнению почв и др. В ДНР вид отмечен для разных экотопов: щелевых, селитебных, транспортных, техногенных.

Высокая плотность и более крупные размеры особей зафиксированы на участках с несформированным растительным покровом (ОПП до 65 %), а также на территориях без агротехнического ухода. Так, на обочинах загородных автомобильных дорог, железнодорожных экотопах, пустырях, промплощадках плотность достигает до 6,3 особей на 1 м² (с учетом всех стадии онтогенеза) высота растений составляет до 1 м.

В фитоценозах более поздних стадий сукцессии, а также на экотопах с регулярным покосом травостоя, таких как газоны, дворовые территории, обочины автодорог, отмечено фрагментарное или единичное расселение *G. squarrosa*. В таких условиях особи не достигают больших размеров, характеризуются слабым ветвлением и высотой в пределах 20–40 см.

Монодоминантных сообществ с участием *G. squarrosa* на обследованной территории выявлено не было. Определены виды, которые наиболее часто произрастают в фитоценозах с гринделией растопыренной: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Lolium perenne* L., *Poa angustifolia* L., *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., *Polygonum aviculare* L., *Cichorium intybus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia austriaca* Jacq., *Achillea millefolium* L., *Echium vulgare* L.



Рис. *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal в условиях трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации:

- А – придорожная территория с регулярным покосом травостоя;
 Б – промплощадка, неподверженная агротехническому уходу.

Таким образом, в составе растительных сообществ на урбанизированных территориях Донецко-Макеевской агломерации *G. squarrosa* устойчива и способна к инвазии. В сомкнутых фитоценозах вид встречается реже, характеризуется низкими показателями жизненности. Регулярный покос травостоя способствует снижению семенной продуктивности, расселению и распространению вида. Мониторинг *G. squarrosa* необходим для разработки мероприятий по регулированию численности вида.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (номер госрегистрации 124051400023-4).

Список литературы

1. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
2. Сафонов, А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. – Киров: Вятский государственный университет, 2019. – С. 13-16. – EDN UTXUDT.
3. Сафонов, А. И. Опыт фитоиндикационной оценки антропогенных экотопов Донбасса (обзор) / А. И. Сафонов // Теоретическая и прикладная экология. – 2025. – № 2. – С. 16-29. – DOI 10.25750/1995-4301-2025-2-016-029. – EDN YOFKTG.
4. Онистратенко, Н. В. Особенности распространения *Grindelia squarrosa* в степных экосистемах различной степени инвазионной емкости на территории Волгоградской области / Н. В. Онистратенко // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 20–26. – DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.3.3. – EDN ELEXLO.
5. Фомина Ю. С. Инвазивный вид *Grindella squarrosa* (Pursh) Dunal. на территории Луганского геоботанического района // Вестник Луганского государственного педагогического университета. – 2021. – № 1(58). – С. 23-28.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ СТУДЕНЧЕСКОГО ГОРОДКА ДОНГУ

Калинина Ю.С., ORCID 0009-0002-2442-0926

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yu.kalinina91@mail.ru

Озеленение современного города является неотъемлемой и обязательной его частью. Помимо основных источников озеленения, таких как парки, скверы, площади, бульвары, значение имеют насаждения при учебных заведениях, особенно высших, которые занимают часто большие территории и играют важную роль в планировочной структуре города. Древесно-кустарниковые, цветочно-декоративные насаждения, размещенные на территориях вузов, играют существенную роль в обеспечении декоративного эффекта зданий учебных корпусов, служат защитным барьером от дорожной пыли и газов, тем самым способствуют улучшению микроклимата [1–3].

Цель работы – анализ актуального состояния зеленых насаждений, эстетической оценки территории студенческого городка ДонГУ, разработка рекомендации по благоустройству и озеленению территории исследуемого объекта. Работа выполнена как часть комплексного исследования молодёжной лаборатории в ДонГУ [4–7].

Исследование проводили в 2024-2025 гг. Объект исследования – озелененные участки территории студенческого квартала ДонГУ. Центральная часть студенческого городка Донецкого государственного университета (ДонГУ) включает в себя главный корпус, учебные корпуса 1, 2, 3, 4, 9, вычислительный центр, бассейн, которые имеют различные зеленые зоны. Интенсивный период озеленения всего Донбасса приходится на 50–60-е годы прошлого столетия. Поэтому, немаловажной является задача по оценке состояния объектов озеленения на прилегающей и внутридворовой территории высшего учебного заведения г. Донецка.

По системе озеленения объект по территориальному признаку относится к внутригородскому, а по функциональному назначению – ограниченного пользования. Территория озелененных участков представлена следующими видами насаждений: древесно-кустарниковые посадки около учебных корпусов по ул. Университетская, Щорса, просп. Театральный, Гурова. По просп. Гурова у входа в главный корпус находятся 19 стационарных бетонных вазонов в которых цветочное оформление полностью отсутствует. Клумбы в количестве 22 штук расположены около входа в учебные корпуса и на территории внутреннего двора. Они не имеют единого стиля, представляют собой хаотичные

посадки растений, в цветочных композициях отсутствует гармония. Некоторые цветники во внутреннем дворе кампуса, сохраняют свою декоративность на протяжении всего весенне-осеннего периода (см. рис.).



Рис. Восточная экспозиция цветника около вычислительного центра ДонГУ в разные сезоны: А – сентябрь 2024 г., Б – май 2025 г., В – июнь 2025 г.

Состояние древесных насаждений на исследуемом объекте оценивается как удовлетворительное. На объекте имеются единичные экземпляры усыхающих деревьев, которые подлежат вырубке. Общее состояние цветников также удовлетворительное. Растения развиты нормально, отпад незначительный, имеются открытые участки почвы.

Эстетическая оценка объекта была установлена по визуально-сравнительным заключениям и определялась следующими показателями: состояние насаждений, соотношение плоскостных и объемных элементов, водные поверхности, архитектура – наиболее важные факторы – 30 баллов; видовые точки – насыщенность, уникальность, глубина перспектив – 10 баллов; рельеф и его геопластика – экспозиция склонов, % – 5 баллов; почвенно-растительный покров – 5 баллов. Оценка территории объекта достигла 32 баллов, что ниже нормативной, которая составляет 50 баллов.

Мероприятия по озеленению исследуемого объекта смогут улучшить его экологическое состояние, усилить эстетические качества территории. Особое внимание стоит уделить подбору ассортимента цветочно-декоративных растений. Он должен быть подобран с учетом природно-климатических условий объекта благоустройства, его функциональной направленности. Основная задача при подборе ассортимента растений состоит в том, чтобы на территории круглый год сохранялся декоративный эффект от растительности.

С целью повышения эстетических качеств исследуемого объекта предложен следующий ассортимент видов цветочно-декоративных травянистых растений как наиболее адаптированных к природно-климатическим условиям Центрального Донбасса. Цветники стоит

оформить в ландшафтном стиле и дополнить следующими многолетними, травянистыми растениями: *Aquilegia* × *hybrida* hort., *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *Canna indica* L., *Dianthus deltoides* L., *Echinacea purpurea* (L.) Moench, *Hosta lancifolia* (Thunb.) Engl., *H. plantaginea* (Lam.) Asch., *Lavandula angustifolia* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Miscanthus sinensis* Anderss., *Nepeta racemosa* Lam., *Phalaris arundinacea* L., *Phlox subulata* L., *Ph. paniculata* L., *Solidago canadensis* L., *Stachys lanata* Jacq., *Symphyotrichum dumosum* (L.) G.L. Nesom, *Veronica longifolia* L., *Vinca minor* L., *Yucca filamentosa* L. В группу вазонов вдоль просп. Гурова стоит высадить *Cataranthus roseus* (L.) G. Don, *Pelargonium zonale* (L.) L'Her, *Petunia* × *atkinsiana* D. Don ex Loudon, *Tagetes patula* L.

Презентабельное оформление прилегающей территории может определять отношение к самому университету, выполнять декоративную функцию, создавать оптимальные условия для плодотворной учебно-научной деятельности и разнообразного отдыха студентов, преподавателей и населения данного микрорайона.

Исследование выполнено в рамках темы «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Карташова, Н. П. Озеленение территорий высших учебных заведений г. Воронежа / Н. П. Карташова, Е. П. Хазова // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 2(42). – С. 80-90. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/8. – EDN ALEYSB.
2. Лузай, Е. И. Комплексный подход к благоустройству территории студенческого городка / Е. И. Лузай, Д. Р. Шафиева, О. А. Телепнева // Недвижимость: экономика, управление. – 2022. – № S3-1. – С. 78-82. – EDN DERHON.
3. Киселева, С. В. Благоустройство и озеленение территории студенческого городка в г. Хабаровске / С. В. Киселева, М. В. Кшевина // Среда, окружающая человека. – Брянск: БГИТУ, 2024. – С. 224-229. – EDN KZQNMH.
4. Сафонов, А. И. Внедрение научных разработок по озеленению в образовательный процесс ДонГУ / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина // Ботанические сады и озеленение населенных мест. – Симферополь: КФУ, 2024. – С. 252-254. – DOI 10.5281/zenodo.12813138. – EDN HLNNBF.
5. Калинина, Ю. С. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем / Ю. С. Калинина, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 14-23. – DOI 10.5281/zenodo.14531840. – EDN GAKMLH.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623667 Российская Федерация. Эколого-биологические особенности и реакция древесно-кустарниковых интродуцентов в зеленых насаждениях городов Донбасса на климатотехногенный прессинг: заявл. 19.08.2025: опубл. 05.09.2025 / В. О. Корниенко, И. Ф. Пирко, А. О. Шкиренко; заявитель ДонГУ. – EDN IVJEIB.
7. Калинина, Ю. С. Особенности ландшафтной организации городского пространства на примере города Донецка / Ю. С. Калинина // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2025. – № 42. – С. 36-40. – EDN ONVMPI.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ СКВЕРА «СТРОИТЕЛЬ» г. ДОНЕЦКА

Калинина Ю.С., ORCID 0009-0002-2442-0926, **Габараев Б.А.**

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yu.kalinina91@mail.ru, minut16@inbox.ru

Стабильно высокая численность городского населения в комплексе с высоким уровнем урбанизации делает экологическую ситуацию в урбэкосистемах объектом пристального внимания. В связи с реконструкцией садово-парковых территорий Донбасса озеленение и ландшафтный дизайн, как одни из способов оптимизации рекреационной среды, представляет актуальный вопрос. Растения играют весомую роль в формировании благоприятного микроклимата, создании единой композиции городского пространства и положительно влияют на психоэмоциональное состояние населения [1–3].

Сквер «Строитель» расположен на внутриквартальной территории Калининского района г. Донецка. После реконструкции в 2024 г. там появились детские и спортивные площадки, зона для занятия скейтбордингом и роллердром. Зеленая зона пополнилась новыми посадками кустарников и деревьев. По итогам маршрутного анализа стоит отметить, что большая часть сквера занята древесными насаждениями, под которыми отсутствует какое-либо зелёное покрытие. Клумбы и рабатки имеют единичные посадки кустарниковой растительности, что снижает эстетический эффект при восприятии цветников. Для улучшения декоративного эффекта рекомендовано оформить цветники в соответствии с общепринятыми стилями и дополнить цветочно-декоративными растениями, что позволит гармонизировать зону отдыха жителей города.

Исследование выполнено в рамках темы «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Храпко, О. В. Оптимизация внутригородской среды средствами ландшафтного дизайна / О. В. Храпко, А. В. Копьева // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2015. – № 2(29). – С. 154-158. – EDN UYWWKL.
2. Калинина, Ю. С. Особенности ландшафтной организации городского пространства на примере города Донецка / Ю. С. Калинина // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2025. – № 42. – С. 36-40. – EDN ONVMP1.
3. Сафонов, А. И. Внедрение научных разработок по озеленению в образовательный процесс ДонГУ / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина // Ботанические сады и озеленение населенных мест. – Симферополь: КФУ, 2024. – С. 252-254. – DOI 10.5281/zenodo.12813138. – EDN HLNNBF.

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О САНИТАРНЫХ НОРМАХ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИДНЕСТРОВЬЯ БЕЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОТОПЛЕНИЯ

Кизима В.В., ORCID 0009-0004-4872-1621,

Толстов Н.А., ORCID 0009-0002-1613-6079

Бендерский политехнический институт ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», г. Бендеры, Приднестровская Молдавская Республика
vkizima@yandex.ru

Актуальность темы была продиктована событиями января 2025 года, когда в Приднестровье в условиях полного отсутствия центрального отопления и всеобщего отключения электричества, сложились условия, нарушившие условия проживания в жилом фонде. В этот сложный период обострились у населения хронические заболевания, увеличился процент посещения больных с респираторными симптомами в поликлиниках, в целом наблюдался упадок сил. Все эти сигналы свидетельствовали о снижении иммунитета горожан, адаптированных к комфортным условиям. Наглухо закрытые окна, перепад температуры при использовании электроприборов, сушка белья, создающие повышение влажности в комнате. Всё это условия «термоса», которые активно способствовали распространению в помещении спор плесневых грибов.

Целью проекта было выявить (унифицировать и обобщить) источник болезнетворного воздействия закрытого помещения на человека и узнать о доступных способах профилактики и защиты от плесени. Была выдвинута гипотеза, если плесень любит сырость и тепло, то в квартире она будет появляться на стенах и потолке, и с помощью химических препаратов, представляется возможность блокировать «Синдром Больного Помещения».

Известно, что жители городов, в отличие, от сельских жителей, проводят в своих квартирах 50–70 % времени в закрытых помещениях, включая рабочие места до 80–90 % времени. За это время через дыхательные пути из воздуха попадает большое количество микроорганизмов, вызывая различные болезненные состояния. Сюда можно отнести споры и мицелий плесневых грибов, вызывающих вторичный микоз. Плесень способна поселяться практически на любой поверхности, распространяя свои гифы в каждую трещинку помещения. Одной из причин активного развития грибов в помещении являются условия, тепло и сырость. Поэтому влажность воздуха более 60 %, температура выше + 20 °С, отсутствие вентиляции, солнечного света и застой воздуха – идеальные условия для разрастания гифов гриба [1].

Были проведены исследования по сбору проб биоматериала с разных поверхностей: со стен, фильтра кондиционера, клавиатуры компьютера. Предварительно была подготовлена питательная среда из отвара картофеля смешанного с желатином. Полученную питательную среду поместили в чашки Петри до застывания и затем посеяли биоматериал, взятый из разных локаций комнаты. Необходимо было создать условия для прохождения эксперимента. В итоге в течение недели на питательных средах появилась плесень. Образец №1 взятый со стены дал рост колониям грибов рода *Penicillium* зелёного цвета и *Mucor* белого цвета. Образец №2, взятый с фильтра кондиционера, дал развитие *Aspergillus niger* чёрной плесени и *Aspergillus flavus* жёлтой плесени. Образец №3 взятый с клавиатуры дал колонии *Mucor* и *Ceratocystis* синюю плесень и *Neurospora*, известную как красная плесень [2, 3].

Для борьбы с плесневыми грибами применяют промышленные фунгициды, но они достаточно дорогие для потребителей, поэтому в качестве эксперимента были взяты доступные средства, находящиеся в быту. Участок стены с *Aspergillus niger* разделили на четыре зоны и каждую обработали разными веществами.

Зона №1 была обработана хлоргексидином биглюконатом 0,05 %,

Зона №2 обработана раствором канцелярского клея (Axent),

Зона №3 на поверхность нанесён раствор средства «Доместос»,

Зона №4 обработана раствором соды и белого уксуса 6 % (на 1 л воды две столовые ложки кальцинированной соды и 200 мл белого уксуса).

Установлено, что применение доступных бытовых средств в форме раствора канцелярского клея, соды и уксуса, показали несостоятельность в борьбе с плесенью, они лишь на короткое время остановили рост патогенного гриба. Нестабильный показатель проявил и антисептик хлоргексидин биглюконат 0,05 %. Дезинфицирующее средство «Доместос» показал стойкий результат в борьбе с грибом на протяжении трех недель и только на четвёртой неделе было замечено появление его колоний.

Таким образом, на примере бытовых наблюдений было отмечено, что существуют санитарно-гигиенические проблемы в помещениях Приднестровья, вызванные ситуацией отсутствия централизованного отопления и электроснабжения. Указанная проблема, безусловно, носит масштабный социальный характер и заслуживает на привлечение внимания научной общественности.

Список литературы

1. Казьмин, В.Д. Плесень, её грибки и споры. – Изд-во Феникс, 2010. – 128с.
2. Кудряшова, А.А., Дедюхина В.П. Микробиология, санитария и гигиена. – Владивосток: Изд-во ДВГАЭУ, 2003. – 378с.
3. Марфенина, О.Е. Многоликая плесень // Наука и жизнь: научно-популярный журнал. – 2009. – №10. – С.17-24.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Кустова О.К., канд. биол. наук,
Глухов А.З., д-р биол. наук, проф.,
Козуб-Птица В.В., канд. биол. наук
ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ
lavanda_dbg@mail.ru

В Донецком ботаническом саду (ДБС) собрана богатая коллекция хозяйственно-ценных культур (ароматические, лекарственные, кормовые, технические). Наблюдения более чем за 20-летний период за особенностями их культивирования в условиях степной зоны показали, что адаптированные растения благополучно переносят погодные условия вегетации в открытом грунте. Агрометеорологические условия роста и развития растений 2023 г. – по август 2025 г. можно охарактеризовать как сложные. Ухудшение климатических условий Донецкого региона носили систематический характер в отношении таких основополагающих для сельского хозяйства и городского озеленения показателей как температура воздуха и наличие осадков. Основные климатические факторы по средним показателям температуры воздуха за месяц и относительной влажности воздуха по данным Архива погоды сравнивали с данными за 60 лет из отчетов метеорологической лаборатории Донецкой опытной станции Института овощеводства и бахчеводства НААН [1–3].

Цель работы – изучение адаптивной реакции хозяйственно-ценных растений коллекции ДБС на агрометеорологические условия произрастания (2023–2025 гг.).

Для зимнего периода за годы наблюдений были характерны длительные оледенения поверхности грунта в сопровождении сильных восточного и северо-восточного ветров при отсутствии снежного покрова или осадков в виде дождей. Средняя температура воздуха за месяц в январе 2023–2025 гг. была выше средних многолетних значений и соответствовала норме многолетних данных всего на 48, 26 и 22 %, соответственно. Средняя относительная влажность воздуха составила 94 (2023 г.) и 96 % (2024 г.) от нормы. Февраль также был более теплым – 44, 43, 93 %, соответственно. В марте все три сезона наблюдали температуры воздуха от 5,6 до 7,2 °С при норме -0,5 °С на фоне динамики ежегодного снижения влажности воздуха (104, 75 и 10 % от нормы). В апреле сохранялась тенденция повышенного температурного режима (10,9–11,2 °С) и недостатка атмосферной влажности и осадков (72 и 86 % от нормы в 2024–2025 гг.). Сравнительно

меньшие отклонения климатических параметров – 16,0–16,3°C при норме 15,6 °C наблюдали в мае. В июне за три года температурные значения воздуха составляли 20,5–23,5°C при норме 19,3 °C. Наиболее засушливым были май и июнь 2024 г. – влажность воздуха составила 76 % и 82 % от нормы многолетних значений. В июле, самом жарком месяце лета, при норме температуры воздуха – 21,2 °C и относительной влажности воздуха – 47,0 %, за годы наблюдений отмечали существенное превышение температуры – 23,0, 29,0 и 25,9 °C, соответственно. Особенно критичным дефицит влажности воздуха был в 2023–2024 гг. и составил только 49 % от многолетней нормы. Август 2023–2024 гг. также характеризовался повышенным фоном температурных значений – 24,9 и 26,7 °C, соответственно, при норме – 20,5 °C. В сентябре 2024 г. средняя относительная влажность воздуха составила 54 % и в октябре – 75 % от нормы. Сохранялся дефицит почвенной и воздушной влаги, что усугубило подготовку растений к перезимовке и ослабило их развитие в дальнейшем.

Для успешного ведения сельского хозяйства важное значение имеют сезонные показатели эффективных температур, определяющих ритмы развития и, в итоге, урожайность растений (табл.).

Таблица

Сезонные характеристики за период наблюдений 2023–2025 гг. (г. Донецк)
и многолетних показателей за 60 лет (Донецкий регион, ДНР)

Сезонные характеристики	Дата			Пределы дат за:	
	2023	2024	2025	2023–2025 гг.	за 60 лет
Весенний переход среднесуточных температур воздуха через:					
- 0°C;	07.III	22.II	05.III	22.II–7.III	13–20.III
- 5°C	02.IV	17.III	21.III	17.III–02.IV	5–7.IV
Переход среднесуточных температур воздуха через 15°C:					
- летний;	13.V	07.IV	22.V	07.IV–22.V	10–14.V
- осенний	02.X	13.X	-*	02.X–13.X	13–20.IX
Переход среднесуточных температур воздуха в сторону понижения через:					
- 5°C	18.XI	11.XI	-*	1.XI–18.XI	4–6.X
- 0°C;	04.XII	16.XI	-*	16.XI–04.XII	10–14.XI
Заморозок	06.III	07.V	28.IV	06.III–07.V	4–6.V

Примечание: * – сбор и обработка данных продолжается

Переходы среднесуточных температур воздуха весной через 0, +5 и +15° C в 2023–2025 гг., а также летом через +15 °C в 2024 г. наблюдались в более ранние сроки. Исключением стал 2025 г., в котором устойчивый переход на летние температуры наступил позднее климатической нормы. В 2024 г. в первой декаде мая наблюдали две волны возвратных заморозков, когда минимальная температура воздуха на поверхности почвы ночью опускалась до 0 до -3–5 C. Установившийся повышенный температурный режим поспособствовал раннему (на 10–14 дней) началу вегетации и наступлению генеративного состояния растений. В результате заморозка

наблюдали вымерзание от 30 до 80% надземных побегов у растений ряда видов ароматических и лекарственных растений: рода *Agastache* J. Clayton ex Gronov., *Helichrysum odorum* DC., *Hyssopus officinalis* L., *Lavandula angustifolia* Mill., *Monarda hybrida* hort., *Melissa officinalis* L., *Nepeta transcaucasica* Grossh, *Salvia officinalis* L. и др. В 2025 г понижение температуры воздуха до -0,8 С отмечали 28.04 и до 4 С 04.05., что привело к подмерзанию цветущих плодовых деревьев, культурного винограда и снижению их урожайности, всходов фасоли, бамии и гибискуса сабдариффа. Снижение эффективных температур воздуха в 3 декаде апреля и в 1–2-ю декаду мая (средние значения подекадно – 14,5–13,2°С) на фоне недостаточных осадков способствовали замедлению развития растений и смещению основных фенологических фаз на 5–7 дней позже. Впервые за более чем 20-летний период наблюдений отметили гибель ряда культур: *Hypericum olympicum* L., *Origanum sipyleum* L., *Thymus serpyllum* L., *T. sibthorpii* Benth. Для кормовых растений (злаковые и бобовые) установившиеся эффективные температуры воздуха уже в марте–апреле способствовали началу отрастания и кущения на 7–10 дней раньше. Недостаточность режима почвенной и воздушной влаги привели к ускорению ритмов развития, но снижению высоты растений и всей вегетативной массы. Начало колошения злаков отмечали в первой–второй декаде при норме – конец мая – начало июня. В целом, семеношение завершилось на 10–12 дней раньше обычных сроков. Особенности зим периодов наблюдений привели к частичному выпадению особей некоторых видов рода *Trifolium* Tourn. ex L.

Адаптивная реакция многолетних культур на погодные условия 2023–2025 гг. проявилась в следующем: раннее наступление фенологических фаз, сокращение периодов ритмов развития (от 5 до 7 дней), недостаточное развитие габитуса растений (снижение высоты побегов у травянистых поликарпиков – до 40–50%), снижение обилия цветения и семеношения (до 20–30%), ранние сроки перехода в стадию покоя и отмирания надземной массы, отсутствие всходов самосева весной 2024–2025 г.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ ДБС по теме № 123101300192-1.

Список литературы

1. Архив погоды. URL: [https:// www.weatherarchive.ru/](https://www.weatherarchive.ru/) (дата обращения 03.12.2023, 05.11.2024)
2. Архив погоды. URL: <https://rp5.in/Архив погоды в Донецке> / (дата обращения 19.08.2025)
3. Кустова О.К., Глухов А.З. Погодные флуктуации в Донбассе в аспекте интродукции и культивирования хозяйственно-ценных растений // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. – Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. – Том 1. – С. 211–215.

БЕЗОПАСНОСТЬ СБОРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ В УСЛОВИЯХ БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Марков В.Н.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
markov.tupac@gmail.com

Проживание в период специальной военной операции на территории Донецкой Народной Республики накладывает свои отпечатки на функционал биообъектов, выносливость которых во многом находится в зоне полемостресса. При отборе проб для экологического мониторинга крайне важным является разработка безопасных маршрутов для исследователей, экспертов и лабораторных сотрудников [1], результаты которых в дальнейшем используются для диагностики нарушенных экосистем [2], а также возможной биоиндикации урбанизированной среды или территорий техногенеза [1, 3].

Цель работы – опытным путём выделить критерии поисковой работы для отбора индикаторов растительного происхождения, важных для мониторинговых работ в Донбассе. Ранее часть работы проведена для территории городов Донецка и Макеевки, поэтому при расширении зоны проведения эксперимента важным является не только наличие городского транспорта и существующей общественной логистики, но и пользование проверенными линиями передвижений, сводок о сохранности объектов инфраструктуры в поселках городского типа и проверенных мест нахождения людей в обозримом периоде времени. Растительные образцы для биодиагностики и квантификации рекомендовано отбирать на доступной высоте и только наземную часть, то есть без нарушения существующего почвенного покрова. Сформировано три маршрута в зоне полемостресса в Центральном Донбассе: Авдеевка-Ясиноватая-Горловка.

Список литературы

1. Сафонов, Р. А. Разработка маршрутов сбора образцов для экологической фитодиагностики урбогеосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 38-44. – DOI 10.5281/zenodo.14532148. – EDN KFZQNX.
2. Нейтронно-активационный анализ редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) в диагностике экосистем Донбасса / И. Зиньковская [и др.] // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2024. – Т. 21, № 2(253). – С. 220-221. – EDN OCFYXZ.
3. Сафонов, Р. А. Физико-географические и геометрические закономерности в палиноиндикации городской среды // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров: ВятГУ, 2024. – С. 76-80. – EDN JNRWUA.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ *DIPLOTAXIS MURALIS* (L.) DC. И *PLANTAGO MAJOR* L. В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДОНБАССА

Мирненко Н.С., ORCID 0000-0001-9918-3123

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
natalya_zaharenkova@mail.ru

Урбанизация, загрязнение воздуха и дефицит влаги являются ключевыми стрессовыми условиями для флоры Донбасса. Эти факторы оказывают значительное влияние на репродуктивную систему растений, что проявляется в изменении морфологии пыльцы и степени её фертильности [1–5].

Цель исследования – сравнение адаптивных возможностей *Diplotaxis muralis* (L.) DC., широко распространённого в степной зоне северного Причерноморья, и *Plantago major* L., встречающегося преимущественно в селитебных районах.

Исследования *Diplotaxis muralis* и *Plantago major* проводили в 2018 и 2024 гг. на пяти площадках пгт. Новый Свет, различавшихся по уровню антропогенной нагрузки (вблизи транспортных путей, промышленной зоны и в относительно изолированных районах). Для оценки качества пыльцы применялся йодный метод, позволяющий выявлять фертильные и стерильные зёрна. Анализировали размеры пыльцы, степень стерильности и наличие морфологических дефектов.

Размер пыльцевых зёрен *Diplotaxis muralis* варьировал от $23,7 \pm 1,8$ до $27,2 \pm 2,8$ мкм. Степень стерильности составляла от 4 % до 65 % в зависимости от условий местообитания. Максимальная стерильность и доля тератных форм (до 5 %) зафиксированы в районах с высоким уровнем загрязнения воздуха (ул. Энергетическая, ул. Промышленная в пгт. Новый Свет). В более благоприятных условиях показатель фертильности достигал 96 %. Отмечены деформации зёрен, асинхронность цветения и признаки гермафродитизма в условиях экстремального стресса.

Морфологическая структура пыльцы *Plantago major* характеризовалась стабильностью: монадное строение, бугорчатая скульптура, 5–7 пор; размеры варьировали от $87 \pm 1,4$ до $109 \pm 2,3$ мкм. Независимо от уровня антропогенной нагрузки морфология оставалась неизменной.

Сравнительный анализ показал, что *Diplotaxis muralis* обладает высокой пластичностью репродуктивной системы. Основным механизмом адаптации является вариабельность качества пыльцы: при ухудшении условий происходит рост стерильности и деформаций, однако

компенсаторно увеличивается общее число пыльцевых зёрен. Такая стратегия обеспечивает поддержание минимального уровня оплодотворения даже при неблагоприятных условиях, но требует повышенных энергетических затрат. Это может объяснять снижение размеров пыльцевых зёрен и асинхронность цветения, поскольку растение перераспределяет ресурсы в пользу выживания в ущерб эффективности воспроизводства. *Plantago major* напротив, демонстрирует консервативную стратегию: морфология пыльцы остаётся стабильной, что указывает на устойчивость микроспорогенеза к антропогенному стрессу. Однако численность особей в популяции значительно варьирует в зависимости от условий местообитания. Вид оказывается более уязвимым к изменениям площади зелёных насаждений и уровня застройки, чем к загрязнению воздуха. Для *P. major* главным ограничивающим фактором становится не качество репродуктивных структур, а пространственные условия для роста и развития популяций.

Важно подчеркнуть, что оба вида представляют разные модели адаптации. У *Diplotaxis muralis* наблюдается физиолого-эмбриологическая пластичность: изменчивость пыльцы позволяет частично компенсировать стрессовые условия, но снижает общую репродуктивную успешность. У *Plantago major* преобладает популяционно-экологическая устойчивость: стабильность структуры пыльцы сохраняется даже при сильном антропогенном прессинге, однако популяции сужаются по численности и ареалу. Таким образом, можно говорить о двух стратегиях: гибкость за счёт качества (*D. muralis*) и устойчивость за счёт структуры (*P. major*). Первая позволяет растению быстро реагировать на стресс, вторая – сохранять стабильность репродуктивной системы, но делает вид зависимым от внешних экологических условий.

Список литературы

1. Мирненко Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
2. Мирненко Н. С. Результаты исследований в контексте адаптационных стратегий и репродуктивной способности *Diplotaxis muralis* (L.) DC / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 63-68. – DOI 10.5281/zenodo.15088484. – EDN VBBTRE.
3. Сафонов А. И. Эколого-палинологическая ситуация в Донбассе (2014-2020 гг.) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 1-2. – С. 32–38. – EDN SGJBRJ.
4. Мирненко, Н. С. Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России // Донецкие чтения 2017. Том 2. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 97-99. – EDN YOUSUW.
5. Мудрик, Е. А., Мирненко Н.С. Анализ пыльцевых спектров селитебных участков г. Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 91-95. – EDN KGWXLY.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В АЗОВСКОМ МОРЕ И ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМАХ ДОНБАССА

Мирненко Э.И., ORCID 0000-0002-3625-5326

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
eduard_mirnenko@list.ru

Азовское море представляет собой мелководный полузамкнутый водоём, расположенный на стыке умеренных климатических и антропогенно-преобразованных ландшафтов Приазовья. Гидрологический режим моря формируется за счёт стока рек Дон, Кубань и Кальмиус, а также водообмена с Чёрным морем. Баланс пресных и морских вод определяет солёность Азовского моря, которая в разные исторические периоды колебалась от 7 до 14 ‰, что обуславливало смену доминирующих комплексов фитопланктона и трансформацию всей экосистемы [1].

Современный этап функционирования Азовского моря характеризуется снижением речного стока, изменением климатических условий и тенденцией к осолонению водоёма. Эти процессы приводят к сокращению ареалов пресноводно-солонатоводных видов и расширению распространения типично морских форм водорослей. Наиболее ярко данная перестройка проявляется в фитопланктоне – основе первичной продукции водоёма и ключевом звене трофических цепей [1-2].

По данным [1–4], начиная с 2007 года в Азовском море отмечается сокращение участия цианобактерий и зелёных водорослей, характерных для периодов распреснения, и одновременное расширение ареалов диатомовых и динофитовых видов морского генезиса. В условиях повышенной солёности стабильно формируется комплекс с доминированием родов отдела *Heterokontophyta* (*Pseudosolenia*, *Thalassiosira*, *Thalassionema*, *Skeletonema*) и *Dinophyta* (*Prorocentrum*, *Dinophysis*, *Gonyaulax*).

Проведённые ранее исследования фитопланктона пресноводных экосистем Донбасса, в частности бассейна р. Кальмиус, показали следующие тенденции в формировании альгоценозов [5]. В водохранилищах ведущую роль в структурной организации сообществ играют *Heterokontophyta* и *Chlorophyta*, суммарно формирующие более 60 % альгофлоры. Субдоминантами выступают *Cyanobacteria*, а также представители отделов *Euglenophyta* и *Dinophyta*, проявляющие сезонные всплески численности зачастую в летний период. Для водохранилищ бассейна р. Кальмиус характерна пространственная и сезонная неоднородность фитопланктона: для верхнекальмиусского водохранилища наблюдалось преобладание зелёных и диатомовых водорослей, тогда как в

Нижнекальмиусском наблюдалась тенденция к сокращению видового разнообразия и усилению роли отдельных групп цианобактерий.

Сопоставление полученных данных свидетельствует о контрасте между пресноводными водоёмами Донбасса и солоноватоводной экосистемой Азовского моря. Если для первых характерно сохранение значительного видового разнообразия с преобладанием зелёных и диатомовых форм, то в Азовском море в условиях осолонения происходит перестройка фитопланктона в сторону доминирования морских диатомовых и динофитовых видов.

Изучение структурно-функциональной организации фитопланктона Азовского моря имеет не только теоретическое, но и прикладное значение, т.к. альгофлора отражает современные климато-гидрологические тенденции региона и является первичным продуцентом органического вещества, от состояния которого напрямую зависит кормовая база промысловых рыб. В условиях роста солёности и усиления антропогенного давления вопросы изучения состава и динамики фитопланктона приобретают особую актуальность.

Список литературы

1. Глущенко, Г. Ю. Предварительные результаты исследования фитопланктона Азовского моря в июне 2024 г / Г. Ю. Глущенко // Актуальные проблемы планктонологии: V Всероссийская конференция с международным участием. Тезисы докладов. С таксономическим тренингом для молодых ученых, Светлогорск, 08–12 сентября 2025 года. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2025. – С. 41-42. – EDN QKUQEQ.
2. Темердашев, З. А. Видовое разнообразие фитопланктона юго-восточной части Азовского моря в современный период / З. А. Темердашев, И. Г. Корпакова, Б. Д. Елецкий // Вестник Краснодарского регионального отделения русского географического общества: Сборник статей. – Краснодар: "Русское географическое общество" Краснодарское отделение, 2024. – С. 364-391. – EDN RUPCFN.
3. Сафронова, Л. М. Трансформация фитопланктона Азовского моря в условиях современного осолонения / Л. М. Сафронова, О. Л. Лужняк // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции: в 3 томах, Севастополь, 19–24 сентября 2016 года. Том 2. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – С. 417-420. – EDN XEVHGD.
4. Корнева, Л. Г. Состав и сезонная сукцессия фитопланктона Таганрогского залива Азовского моря и нижнего течения р. Дон в условиях изменяющегося климата / Л. Г. Корнева, Г. Ю. Глущенко // Биология внутренних вод. – 2020. – № 1. – С. 18-26. – DOI 10.31857/S032096522001009X. – EDN WVKNLJ.
5. Мирненко, Э. И. Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней / Э. И. Мирненко // Трансформация экосистем. – 2022. – Т. 5, № 2(16). – С. 63-73. – DOI 10.23859/estr-220204. – EDN KANIXE.

УЧЁТ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПУБЛИКАЦИЯХ ЭКОПРОФИЛЯ В ДОНБАССЕ (2000-2024)

Неспирный В.Н.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, ORCID 0000-0003-0209-9473,

Сафонов А.И.¹, канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9701-8711

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ,

²ГБУ «Институт экономических исследований», г. Донецк, РФ

vetal_n@mail.ru, andrey_safonov@mail.ru

Накопленная информация о состоянии окружающей среды, ресурсосберегающих и оптимизационных разработках на современном этапе нуждается в систематизации, чему посвящено одно из направлений библиометрического анализа [1–3]. Тематика актуальна для Донбасса [4] как экологически напряженного региона [5]. Развитие аналитических подходов создаёт возможности для дальнейших исследований, внедрения новых методик по аналогии с мировым опытом [1, 3, 6].

Цель работы – представить результаты статистического учёта библиографической информации по экологическим вопросам (экопрофилю) Донбасса за последние 25 лет в виде тепловой карты, обобщающей совокупность профилей публикационной активности по отдельным научным направлениям. Такая карта позволит сформировать общий ландшафт публикационного пула для изучения динамики во времени и распределения количества научных работ по рубрикам специальных тематических указателей. В основу обработки первичной информации положен экспертный метод отнесения каждой публикации к одной или нескольким тематическим рубрикам библиографического указателя об экологии в Донбассе. Исходный библиографический материал для рубрикации были получен из центральных научных библиотек региона, с которым один из авторов работал на правах научного редактора, а в дальнейшем сформированный набор данных был проанализирован с использованием методов статистики в рамках деятельности Азово-Черноморского математического Центра ДонГУ.

Все публикации, имеющие экологический контекст для территории Центрального Донбасса, были разделены на 24 основные рубрики: 1) экологические аспекты изучения Донецкого края (сборники, обзоры, аналитика); 2) общие вопросы; 3) статистика; 4) исторический аспект охраны окружающей среды; 5) персоналии; 6) отдельные города и районы; 7) минерально-сырьевая база; 8) загрязнение воздуха; 9) состояние гидросферы; 10) химическое и др. виды загрязнений; 11) растительный мир; 12) животный мир; 13) заповедное дело; 14) окружающая среда и здоровье; 15) оценка состояния окружающей среды; 16) мониторинг природных сред;

17) промышленная экология (общее); 18) горная и металлургическая промышленность; 19) отходы; 20) экологическая политика региона; 21) экоправо; 22) общественные движения, организации; 23) просвещение и образование; 24) международные связи и проекты (рис.). Также информация была обработана в отношении публикаций по специальным рубрикам: ТО (технологии оптимизации) и ТМ (совокупность учебных и методических пособий).

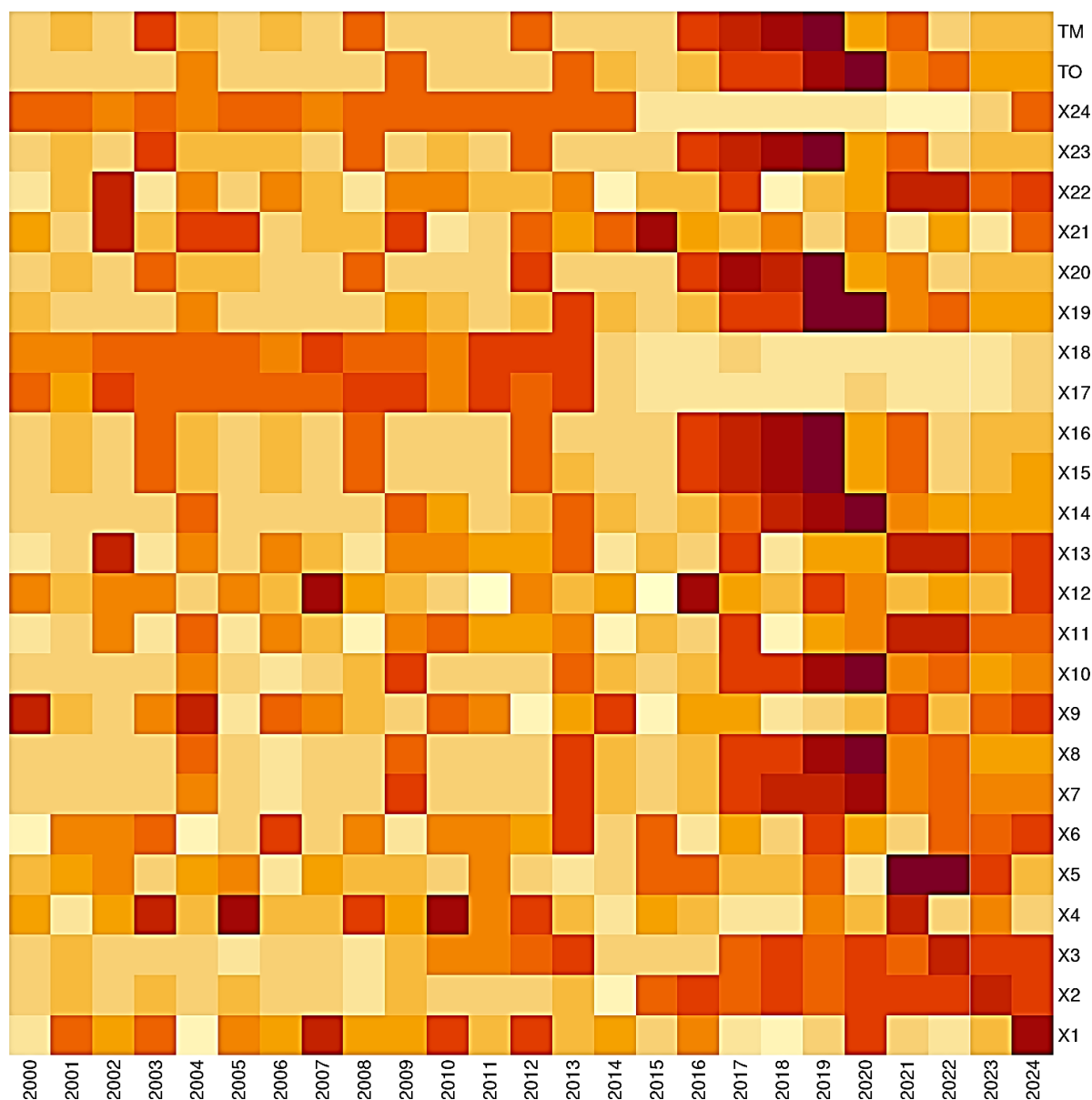


Рис. Библиографический ландшафт экологических профилей в Донбассе (2000–2024 гг.)

Для получения сопоставимых данных при обработке была выполнена нормализация (масштабирование) отдельных выборок по линиям, представляющим собой отдельные тематические направления в экологической компетенции, что позволило построить визуальную картину всех статистико-библиографических неоднородностей за весь период проведения учётных мероприятий.

Был выполнен корреляционный анализ распределений публикаций по рубрикам для разных лет, что позволило оценить меру сходства библиографических профилей для каждой пары лет на рассматриваемом периоде времени. Используя эту меру в качестве расстояния, проведен иерархический кластерный анализ профилей отдельных лет, в результате которого было выделено 4 кластера, объединяющие разные годы в таких блоках: 1) 2004, 2009, 2013-2015; 2) 2022-2024; 3) 2016-2021; 4) 2000-2003, 2005-2008, 2010-2012. Гипотезы относительно причинно-следственных связей, объясняющих этот результат, могут быть высказаны историками, политологами, аналитиками наукометрических сведений. В частности, полученное разбиение может быть обусловлено или связано с социально-политическими перестройками в регионе. Очевидное на первый взгляд предположение, что библиография отражает специфику запроса на отдельные научные исследования, тем не менее, требует строгой формализации, определения и сбора количественных показателей, отражающих запросы общества на исследования, и более глубокого анализа с использованием аппарата проверки статистических гипотез.

Представленный в работе подход не носит узкоспециализированного характера, связанного исключительно с экологической тематикой, и может использоваться для учёта и анализа библиографических данных по другим отраслям науки, соответствующих конкретным сферам занятости учёных.

Исследования проведены в рамках программы Азово-Черноморского математического центра (соглашение от 27.02.2025 № 075-02-2025-1608) и научной темы «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса», № госучета 124051400023-4.

Список литературы

1. Fang X. Recent trends in landscape sustainability research – a bibliometric assessment // Land. 2024. – Vol. 13, No. 6. – P. 811. – DOI 10.3390/land13060811. – EDN – VUTCAJ.
2. Yang G., Yu Z. From preference to landscape sustainability: a bibliometric review of landscape preference research from 1968 to 2019 // Ecosystem Health and Sustainability. 2021. – Vol. 7, No. 1. P. 1948355. DOI 10.1080/20964129.2021.1948355. EDN YIBBJR.
3. Zhang Sh., Adam M. How satisfaction research contributes to the optimization of urban green space design – a global perspective bibliometric analysis from 2001 to 2024 // Land. – 2024. – Vol. 13, No. 11. – P. 1912. – DOI 10.3390/land13111912. – EDN WFUEXD.
4. Авраимова Т.В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30–42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
5. Kornienko V., Reuckaya V., Shkirenko A. Silvicultural and ecological characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a key introduced species in the urban dendroflora of industrial cities // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14132052. EDN DRDBQF.
6. Xu J., Xiao P. A bibliometric analysis on the effects of land use change on ecosystem services: current status, progress, and future directions // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 5. – DOI 10.3390/su14053079. – EDN HXDXZH.

АТИПИЧНЫЕ МОДИФИКАЦИИ СОЦВЕТИЙ ТОПОЛЕЙ ДОНЕЦКА В ГРАДИЕНТЕ ТОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Пашков Д.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
akibrik@mail.ru

Работа выполнена в дендроиндикационном направлении, которое на сегодня для промышленно напряженные городов Донбасса является приоритетным [1].

Цель работы – выделить и описать морфотипы в строении мужских соцветий экземпляров видов рода *Populus*, внедренных для озеленения центральных улиц Донецка. Использованы методические приемы проведения фитоиндикационных исследований в Донбассе [2] в том числе для обязательной оптимизации природных сред с помощью растений [3]. Были выбраны посадки одновозрастных 60-летних особей в 36 точках наблюдения. На основании собранного материала выделены вариационные ряды структурной разнокачественности опытных видов для признаков архитектоники соцветия, общей асимметричности макросоцветия, частной асимметричности микросоцветий в трех локациях (на верхушке, в середине и у основания мужского соцветия), гетерогенность тычинок (дружность и фасциации) – уровень дистопии в цветках достигал 15-20% в парковых зонах и 55% для особей, используемых в озеленении крупных автомагистралей города. Индикаторными показателями рекомендовано считать морфологические отличия по признакам длины тычиночных нитей, случаев регистрации неравнобоких пыльников, фасциаций между тычинками на верхушке соцветия. Подготовлен иллюстративный материал по строению соцветий в качественных отличиях для исследованных экотопов в г. Донецке. Структурная пластичность соцветий тополей может быть связана с микроклиматическими особенностями, поэтому данные 2025 г. должны быть перепроверены с последующие 2-3 сезона.

Исследования проведены в рамках инициативной научной темы кафедры ботаники и экологии.

Список литературы

1. Silvicultural and ecological characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a key introduced species in the urban dendroflora of industrial cities / V. Kornienko, V. Reuckaya [et al.] // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14132052. – EDN DRDBQF.
2. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: ЭДИТ, 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
3. Калинина, Ю. С. Фитооптимизация техногенных ландшафтов в Донбассе на примере отвалов угольных шахт // География, экология, туризм. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2024. – С. 41-43. – EDN WQEFUE.

ИЗУЧЕНИЕ СИНАНТРОПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ДОКУЧАЕВСКА

Потапенко Е.М., Калинина А.В., ORCID 0009-0007-0789-5512

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

kalinina.angela91@mail.ru

Город Докучаевск имеет небольшую площадь, но обладает важным значением для металлургической отрасли, поскольку здесь находится Докучаевский флюсово-доломитный комбинат. Промышленное предприятие стало причиной развития города, а, следовательно, расширения зоны трансформации природных ландшафтов [2]. Урбанизация оказывает негативное влияние на состояние флоры и растительности [1–3].

На территории города с 2024 г. осуществляются мониторинговые исследования. Объектом изучения стали синантропные растительные сообщества, сформированные на участках разного функционального назначения. Применяются маршрутные и стационарные методы, а также классические геоботанические методики. Заложены 10 опытных мониторинговых точек, в качестве контроля выбран участок на ул. Мостовой, расположенный на окраине города.

Изученные фитоценозы находятся на разных стадиях сукцессии, характеризуются низким фиторазнообразием и видовой насыщенностью. Среднее видовое богатство на обследованных участках составляет 17,3 вида. Значительный вклад в состав сообществ вносят рудеральные виды, а также виды адвентивной фракции (до 26% от общего числа видов).

Проведение мониторинговых исследований необходимо для оценки степени трансформации природной растительности, выявления чужеродных видов с инвазивным потенциалом, а также для разработки мер по охране биоразнообразия и экологической оптимизации урбанизированных территорий.

Список литературы

1. Калинина, А. В. Индикационная фенотипическая пластичность *Plantago major* L. в условиях антропогенной трансформации Донбасса / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 4. – С. 25-32. – DOI 10.5281/zenodo.14543646. – EDN PLLHSK.
2. Сафонов, А. И. Опыт проведения мониторинга в современных условиях Донбасса: критерии региональной фитоиндикации / А. И. Сафонов // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – Киров: ВятГУ, 2025. – С. 69-73. – EDN CSGBIV.
3. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.

**МОРФОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ РОДОВ
LECANORA И *PARMELIA* НА ДРЕВЕСНЫХ СУБСТРАТАХ
Г. МАКЕЕВКИ (ДНР)**

Рыжакова А.Г., ORCID 0009-0001-3796-508X

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

ngryzhakova@mail.ru

Лишайники представляют собой симбиотические образования, формируемые ассоциацией гриба и фотосинтезирующего партнера – водоросли или цианобактерии. Эти организмы широко распространены в различных экосистемах и выполняют важные экологические функции, включая биоиндикацию состояния окружающей среды, участие в биогеохимических циклах и формирование микромест обитания для других организмов. Лишайники являются чувствительными индикаторами качества воздуха, микроклимата и антропогенного воздействия, что делает их ценными объектами исследований в лесной экологии и мониторинге экосистем [1-3].

Цель работы – определить морфологические особенности и пространственное распределение лишайников на древесных субстратах микрорайона Хандженково г. Макеевка.

Объектами исследования являлись лишайники родов *Lecanora* и *Parmelia*, развивающиеся на древесных стволах деревьев на трёх экологически различающихся участках. Морфологический анализ проводился с использованием визуального осмотра и микроскопии. Для каждого вида фиксировались строение таллома, подециев, апотеция и окраска спор. Оценка степени покрытия древесных стволов лишайниками выполнялась методом визуальной оценки процента поверхности, занятой талломом.

В ходе исследования было установлено, что в наблюдаемых участках г. Хандженково на талломе часто формируются вертикальные структуры (подеции). При отсутствии первичного таллома подеции имеют светлые оттенки (беловато-серые или светло-зелёные), могут быть цилиндрические, достигают до 1,5 см в высоту, не образуя сцифы. При наличии первичного таллома подеции могут быть цилиндрическими, простыми или слабо разветвлёнными, с различной формой концов – шиловидными, роговидными или тупыми. В некоторых случаях наблюдается расширение подециев в виде сциф и наличие отверстий в местах разветвления. Подеции часто покрыты чешуйками, центральная часть полая. Апотеции располагаются на верхушках подециев или апикальных веточках, окрашены в красный, светло- или тёмно-коричневый цвет. Споры одноклеточные, бесцветные.

Таллом рода *Lecanora* тонкий или толстый, морщинистый или морщинисто-бородавчатый, матовый, иногда с соредиозными разрывами. Апотеции многочисленные, диаметром 1-3 мм, диск плоский или выпуклый, блестящий. Споры эллипсоидные, сумки цилиндрически-булавовидные, часто с 8 спорами. Таллом при обработке гидроксидом калия желтеет.

Таллом рода *Parmelia* кожисто-листоватый, розетковидный, плотно прилегает к субстрату. Лопасты выемчато-волнистые, верхняя поверхность голубовато-серая или пепельно-серая, с хорошо выраженной сеткой жилок. По рёбрам лопастей расположены соралии и изидии, апотеции встречаются редко. Таллом при обработке гидроксидом калия сначала желтеет, затем приобретает красновато-коричневый оттенок.

Различия в морфологии подециев и таллома отражают влияние наличия или отсутствия первичного таллома на формирование сциф и апотеций. Вариативность окраски, формы и структуры подециев может быть связана с микроклиматическими условиями, доступностью света, влажностью и субстратными особенностями. Высокая степень покрытия первого участка свидетельствует о благоприятных экологических условиях для развития лишайников, тогда как низкая плотность второго участка указывает на ограничивающее влияние микроклимата или антропогенных факторов.

Исследование показало значительное разнообразие морфологических признаков лишайников родов *Lecanora* и *Parmelia*, а также вариативность их распространения на древесных субстратах. Полученные данные способствуют более глубокому пониманию адаптационных особенностей лишайников и могут быть использованы в дальнейших экологических, биоиндикаторных и систематических исследованиях.

Список литературы

1. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.
2. Султанова С. Использование лишеноиндикации для оценки загрязнения воздуха города Таганрога / С. Султанова, О. В. Назаренко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 4(142). – DOI 10.23670/IRJ.2024.142.108. – EDN MXANDK.
3. Махиянова, Э. Р. Видовой состав и структура березово-осиновых колков Мамлютского района Северо-Казахстанской области / Э. Р. Махиянова, Г. С. Тлеубергенова, Э. И. Мирненко // Актуальные проблемы математики и естественных наук: Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию доцента Р.А. Акбердина, Петропавловск, Барнаул, Сургут, Новосибирск, 04 февраля 2022 года. – Сургут: Сургутский государственный педагогический университет, 2022. – С. 326-330. – EDN ROTWAJ.

АДАПТАЦИОГЕНЕЗ ФИТОИНДИКАТОРОВ В НОВЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЯХ ДОНБАССА

Сафонов А.И., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9701-8711
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
andrey_safonov@mail.ru

Микроэволюционные преобразования в локальных геосистемах имеют выраженный характер, если созданы радикально новые условия для возникновения адаптивных реакций. Для высших растений адапциогенез [1] является причиной и следствием их приспособительного успеха в глобальном масштабе непрерывного процесса расселения и заселения в экстремальных экотопах, источником возникновения которых в большинстве случаев является человеческая деятельность [2].

За период проведения мониторинговых обследований в зоне полемостресса Центрального Донбасса с 2021 по 2025 г. было идентифицировано 27 геохимических аномалий по накоплению доминирующих элементов в растениях-индикаторах. Особый интерес вызывает отдельная группа сорно-рудеральной фракции природной флоры, представители которой зарекомендовали себя в качестве успешных ремедиантов в местах многочисленных нарушений растительного покрова по факту военных действий. По результатам элементного анализа такой группы организмов выделены примеры цинково-кобальтово-свинцовой, медно-никелево-свинцовой, никелево-кобальтовой и фосфорно-лантановой аномалий, что детализирует обозначенные ранее локалитеты в Донбассе [3]. Адапциогенез фитоиндикаторов проявляется в интенсификации тератоморфизма при проведении экспресс-анализа в диагностике экотопов.

Исследования реализованы в рамках научной темы «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса», № госучета 124051400023-4.

Список литературы

1. Gamalei, Y. V. The origin and evolution of higher plants / Y. V. Gamalei // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2012. – Vol. 82, No. 4. – P. 246-254. – DOI 10.1134/S1019331612040028. – EDN RGDZUX.
2. Monitoring the temporal variations of plant stress using the air pollution tolerance index in the Sejzi industrial area (Isfahan, Iran) / M. Yazdani, H. Karimzadeh, H. Azimzadeh, M. Soleimani // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – Vol. 31, No. 48. – P. 58375-58395. – DOI 10.1007/s11356-024-35020-z. – EDN KZHNJN.
3. Phytomonitoring in Donbass for identifying new geochemical anomalies / I. I. Zinivovskaia, A. I. Safonov, N. S. Yushin [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. – 2024. – Vol. 94, No. 13. – P. 3472-3482. – DOI 10.1134/S1070363224130048. – EDN QXJUMP.

ФИТОПЛАНКТОН ПРУДОВ С. ОРЛОВО-ИВАНОВКА (ДНР)

Скорик В.А., ORCID 0009-0008-8684-9545,
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
vladislava.skorik1@yandex.ru

Проблема дефицита и качественного состояния водных ресурсов является одной из наиболее актуальных для Донбасса, где водоёмы испытывают значительное антропогенное воздействие [1]. Малые водные экосистемы региона выполняют важную роль в поддержании гидроэкологического баланса, однако они особенно чувствительны к изменениям внешней среды [2]. Фитопланктон, как один из основных компонентов водных экосистем, является чувствительным индикатором уровня трофности и экологического состояния водоёмов [3]. Изучение его таксономической структуры позволяет выявить степень устойчивости экосистем и оценить их потенциал к саморегуляции [4].

Цель работы – определить таксономическую структуру и доминирующие группы фитопланктона пруда с. Орлово-Ивановка и оценить их значение для характеристики экологического состояния водоёма.

Видовой состав фитопланктона пруда с. Орлово-Ивановка отличается выраженной пространственной неоднородностью, что связано с поступлением биогенных веществ (азот и фосфор) из близ лежащих сельхоз угодий, что приводит к изменению гидрохимических условий пруда. Исследования показали, что в прибрежной зоне доминируют нитчатые цианобактерии и колониальные диатомовые водоросли, суммарная доля которых достигает 60% всего видового разнообразия. На мелководьях зафиксированы массовые скопления фитопланктона родов *Melosira*, *Fragilaria*, *Ulothrix*, *Lyngbya* и *Phormidium*, что может свидетельствовать о локальных зонах повышенной трофности [5–8].

Таксономический анализ показал, что ключевую роль в формировании альгофлоры играют семейства *Selenastraceae*, *Fragilariaceae*, *Microcoleaceae*, *Oscillatoriaceae*, объединяющие 48 видов (34,4% общего числа). Эти группы образуют структурное «ядро» фитопланктона, формируя трофический потенциал исследуемого водоёма. Наличие представителей с широкой экологической пластичностью указывает на адаптивные механизмы сохранения биоразнообразия в условиях изменяющейся среды.

Сравнение таксономических уровней (отдел – класс – род) выявило сбалансированное соотношение между систематической структурой разных групп водорослей, что проявляется в отсутствии монодоминантных групп фитопланктона. Пространственное распределение видов определяется

комплексом гидрохимических, трофических и световых факторов, что подтверждает высокую экологическую структурированность фитопланктона.

Фитопланктон пруда с. Орлово-Ивановка отличается высоким таксономическим разнообразием и пространственной структурой, что отражает сложную организацию экосистемы. Доминирование семейств *Selenastraceae*, *Fragilariaceae*, *Microcoleaceae*, *Oscillatoriaceae* формирует устойчивое ядро альгофлоры, обеспечивающее адаптивность системы к внешним воздействиям. Присутствие видов индикаторов трофического режима подтверждает необходимость регулярного мониторинга фитопланктона как чувствительного биоиндикатора состояния водных экосистем Донбасса.

Список литературы

1. Мирненко, Э. И. Влияние некоторых форм азота на развитие фитопланктона прудов водосборного бассейна Р. Кальмиус (г. Донецк, ДНР) / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 35-40. – DOI 10.5281/zenodo.15005656. – EDN MZRVEJ.
2. Mirnenko, E. Ecological monitoring of water bodies: Bioindication, microalgae biodiversity indices / E. Mirnenko // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 555. – P. 02008. – DOI 10.1051/e3sconf/202455502008. – EDN ECGECV.
3. Mirnenko, E. I. Content Composition and Dynamics of Photosynthetic Pigments in the Reservoirs of the Kalmius River of the Donetsk People's Republic / E. I. Mirnenko // Moscow University Biological Sciences Bulletin. – 2024. – Vol. 79, No. 4. – P. 267-273. – DOI 10.3103/S009639252560022X. – EDN WWYSHX.
4. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии Донгу для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.
5. Мирненко, Э. И. Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней / Э. И. Мирненко // Трансформация экосистем. – 2022. – Т. 5, № 2(16). – С. 63-73. – DOI 10.23859/estr-220204. – EDN KANIXE.
6. Мирненко, Э. И. *Dinobryon divergens* во флоре р. Кальмиус / Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Материалы VII Международной научной конференции, посвящённой 85-летию Донецкого национального университета, Донецк, 27–28 октября 2022 года / Под общей редакцией С.В. Беспаловой. – Том 3. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 98-99. – EDN NILBOJ.
7. Мирненко, Э. И. Особенности выбора биоиндикаторов состояния водной среды / Э. И. Мирненко // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы XV Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Киров, 18 мая 2020 года. Том Книга 1. – Киров: Вятский государственный университет, 2020. – С. 166-169. – EDN UQNZSS.

ЭКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДРЕВЕСНОЙ ФЛОРЫ КИЦКАНСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Хлебников В.Ф., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-0596-0425,

Ионова Л.Г., доц., ORCID 0009-0004-6075-8013,

Гавриленко Л.А.

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,

г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика

v-khl@yandex.ru

Леса Южного Приднестровья являются главным экологическим каркасом территории с крайне низкой лесистостью (3,9 %) и запретом рубок главного пользования, что приводит к старению насаждений и чрезмерному накоплению старовозрастных насаждений с пониженной естественной возобновительной способностью.

Кицканский ботанический комплекс является частью лесного фонда Кицканского лесничества Южного Приднестровья, выполняющий водоохранные, санитарно-гигиенические и оздоровительные функции зеленых зон вокруг городов (Тирасполь, Бендеры, Слободзея) и других населенных пунктов. Исследование биологического и экологического разнообразия данного комплекса не проводилось.

Цель исследований – эколого-флористический анализ древесной флоры Кицканского ботанического комплекса (КБК).

КБК расположен в прибрежных территориях р. Днестр, где преобладающими лесорастительными условиями являются свежие и влажные пойменные местоположения, соответствующие произрастанию тополевых насаждений. Он включает урочища: Кицканы, Кицканы-Ботна, Кицканская лесная дача, Кицканский плацдарм и Градешты.

Геоботанические исследования проводились в 2021–2024 годах по общепринятой методике [2]. Определение растений выполнено сравнительно-морфологическим методом с использованием определителя [1]. Система видов приводится в соответствии со сводкой С.К. Черепанова [3]. Для экологического анализа древесных видов использовали экологические шкалы.

Список деревьев и кустарников, произрастающих в пределах урочищ КБК, включает 40 видов, относящихся к 18 семействам.

Установлена высокая флористическая общность древесно-кустарниковых сообществ пойменных урочищ Кицканы, Кицканы-Ботна, Кицканская лесная Дача – коэффициент Жаккара на уровне 0,76–0,84, где доминируют *Populus alba* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L., *Ulmus minor* Mill., *Quercus robur* L., *Salix alba* L. Флоры ур. Кицканский плацдарм

($K_{ж}=0,49-0,55$) и Градешты ($K_{ж}=0,60-0,73$) характеризуются автономностью. Во флоре ур. Кицканский плацдарм преобладают: *Robinia pseudoacacia* L., *Acer tataricum* L., *Pinus pallsiana* Lamb., а островной лес – Градешты образован в основном естественным древостоем из дуба черешчатого.

Древесно-кустарниковая флора КБК насчитывает 40 видов высших растений из 2 отделов. Отдел Pinophyta представлен 1 семейством (Pinaceae) или 5 % от общего числа древесно-кустарниковой флоры КБК и 1 родом – 5 %, а отдел Magnoliophyta, соответственно, 17 семействами или 95 % и 32 родами или 97 %.

Среди семейств наибольшую представительность имели сем. Rosaceae – 22,5 % от общего числа видов во флоре, Aceraceae и Salicaceae – по 10 %, Ulmaceae и Fabaceae – по 7,5 %, Betulaceae, Cornaceae, Pinaceae и Tiliaceae – по 5,0 %. Остальные 9 семейств-Celastraceae, Elaeagnaceae, Juglandaceae, Moraceae, Oleaceae, Sambucaceae, Simaroubaceae, Solanaceae и Fagaceae или 50 % представлены в древесно-кустарниковой флоре КБК по 1 виду – 2,5 %.

В ареалогическом составе древесно-кустарниковой флоры КБК доминируют виды: европейского ареала – 40 % евроазиатского – 17,5 %, китайско-дальневосточного – 12,5 %, североамериканского – 12,5 %, евроцентрального – 5 %, понтического – 2,5 %, крымского – 2,5 %.

Жизненные формы растений древесно-кустарниковой флоры Кицканского ботанического комплекса представлены преимущественно микрофанерофитами – 32,5 % и мегафанерофитами – 27,5 %, что составляет 60 % от всех видов. Характер распределения видов по жизненным формам свидетельствует о ксеромезофильности условий среды.

В спектре экоморф по отношению к воде преобладают древесные и кустарниковые мезоксерофиты – 54,6 %, к температуре – мезотермы – 56,5 %, к свету – гемисциофиты – 47,9 % и мезогелиофиты – 39,1 %, к плодородию почвы – олиго- – 52,4 % и мезотрофы – 42,8 %.

Полученные новые знания о современном составе и экологических особенностях видов флоры комплекса имеют важное значение для выявления основных закономерностей ее сложения и необходимости разработать мероприятия по сохранению биологического разнообразия и рекреационного потенциала лесов Южного Приднестровья.

Список литературы

1. Гейдеман Т. С. Определитель высших растений Молдавской ССР / Т. С. Гейдеман – Кишинев: Штиинца, 1986. – 638 с.
2. Миркин Б.М. Современная наука о растительности/ Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М.: Логос. 2001. – 263 с.
3. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНТОНА ПРУДОВ АМВРОСИЕВСКОГО ОКРУГА (ДНР)

Хохлова О.А., ORCID 0009-0005-6881-8655

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
hohlowa.ol4ik@mail.ru

Фитопланктон является ключевым компонентом водных экосистем, выполняя функции первичного продуцента органического вещества и индикатора экологического состояния водоёмов. Состав и структура сообществ водорослей чувствительно реагируют на изменения абиотических факторов и уровень антропогенной нагрузки, поэтому изучение их таксономического разнообразия позволяет оценивать качество водной среды. Особое значение такие исследования имеют для малых водоёмов, подверженных заиливанию и эвтрофированию [1–3].

Цель работы – определить таксономическое разнообразие фитопланктонных водорослей водоёмов Амвросиевского муниципального округа и выявить доминирующие таксономические группы.

В ходе исследования фитопланктона водоёмов Амвросиевского муниципального округа было выявлено 60 видов водорослей, относящихся к пяти отделам: *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Heterocontophyta* и *Euglenophyta*. Таксономический анализ показал, что они распределяются по 7 классам, 10 порядкам, 17 семействам и 31 роду, что свидетельствует о сравнительно высоком видовом разнообразии для малых водоёмов региона.

Преобладающей группой оказались представители отдела *Heterocontophyta* (диатомовые водоросли), на долю которых приходится 29 видов, или почти половина всех выявленных видов. Высокая представленность этой группы закономерна, поскольку диатомовые водоросли характеризуются высокой экологической пластичностью, способны быстро реагировать на изменения освещённости, температуры и химического состава воды, а также являются индикаторами уровня биогенных веществ. Второе место по видовому разнообразию занимают зелёные водоросли (*Chlorophyta*) – 25 видов. Их значительная представленность связана с толерантностью к различным условиям среды и возможностью конкурировать в условиях умеренного содержания питательных веществ. Наименьшее видовое богатство отмечено у *Euglenophyta* (1 вид), что отражает экологическую избирательность этой группы и её ограниченную способность к конкуренции в исследованных водоёмах.

Структура сообществ в Амвросиевском округе характеризуется умеренной эвтрофностью: участие *Heterocontophyta* и *Chlorophyta* сопоставима с данными по малым и средним водоёмам восточной части Донбасса, где преобладают мезо- и эвтрофные условия [4]. Меньше представленные отделы *Euglenophyta* и *Cyanobacteria* также коррелирует с их чувствительностью к колебаниям качества воды и высоким содержанием растворённых органических веществ.

Анализ экологических факторов показывает, что численность и видовое разнообразие фитопланктона тесно связаны с температурой воды, уровнем освещённости и концентрацией биогенных элементов. При повышенном поступлении азота и фосфора наблюдается бурное развитие отдельных видов, что приводит к явлению «цветения» и снижению кислородного режима, ускоряя процессы заиления и деградации водоёмов. В то же время, стабильное присутствие разнообразных диатомовых и зелёных водорослей указывает на сохранение определённого экологического баланса и относительное отсутствие острой антропогенной нагрузки в отдельных водоёмах.

Выявленная таксономическая структура фитопланктона позволяет сделать вывод о текущем состоянии экосистем водоёмов Амвросиевского округа: они находятся в зоне умеренной эвтрофности, с доминированием устойчивых таксономических групп, но при этом сохраняется риск деградации при дальнейшем увеличении нагрузки биогенных веществ. Мониторинг фитопланктона и оценка влияния абиотических факторов могут служить основой для разработки мероприятий по сохранению и рациональному использованию водных ресурсов.

Список литературы

1. Мирненко, Э. И. Влияние некоторых форм азота на развитие фитопланктона прудов водосборного бассейна р. Кальмиус (г. Донецк, ДНР) / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 35-40. – DOI 10.5281/zenodo.15005656. – EDN MZRVEJ.
2. Mirnenko, E. Ecological monitoring of water bodies: Bioindication, microalgae biodiversity indices / E. Mirnenko // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 555. – P. 02008. – DOI 10.1051/e3sconf/202455502008. – EDN ECGECV.
3. Mirnenko, E. I. Content Composition and Dynamics of Photosynthetic Pigments in the Reservoirs of the Kalmius River of the Donetsk People's Republic / E. I. Mirnenko // Moscow University Biological Sciences Bulletin. – 2024. – Vol. 79, No. 4. – P. 267-273. – DOI 10.3103/S009639252560022X. – EDN WWYSHX.
4. Мирненко, Э. И. Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней / Э. И. Мирненко // Трансформация экосистем. – 2022. – Т. 5, № 2(16). – С. 63-73. – DOI 10.23859/estr-220204. – EDN KANIXE.

АЛАРМИЗМ ДЛЯ ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ДОНГУ

Чунаева Н.В.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Гербарное дело представляет собой ключевую форму занятости не только ботаников и экологов в каждом регионе по всему миру, но также является классикой формирования научной коллекции историко-краеведческого содержания [1–3]. Благодаря сохранившимся экземплярам создается возможность реконструкции природной летописи [3, 4] и обеспечивается грамотный подход в новых технологиях работы с генным разнообразием естественных конструкторов жизни.

Цель работы – на основании имеющихся сведений о наличии ценных гербарных фондов в Донецком государственном университете, которые представляют собой интерес для прикладной науки, в частности климатологии, привлечь внимание общественности к проблеме сохранности фонда в реальных условиях военных событий в Донбассе. С 2022 года нами была начата работа по изучению коллекционного фонда кафедры с целью поиска признаков, которые коррелируют с микроклиматическими изменениями – путем сравнения экземпляров одинаковых видов за последние 60 лет (во временном срезе доступных экземпляров), выделены некоторые закономерности с тенденциями ксерофитизации и пайноморфности в строении дикоросов. Для редких, охраняемых видов, а также видов растений, имеющих уникальные характеристики экотопов должны быть созданы специальные условия хранения. Тогда возможности участия ботаников в мировых научных программах будут расширены и регион будет обеспечен краеведческим материалом, подчёркивающим природные богатства и формирующим должный патриотизм у подрастающего поколения.

Список литературы

1. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.
2. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
3. Сафонов, А. И. Экспозиции раритетных растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 18-33. – EDN QQCBET.
4. Гермонава, Е. А. Прогнозный сценарий фактора полевостресса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 21-29. – DOI 10.5281/zenodo.15082154. – EDN BSMALQ.

УДК 595.754.1

БИОЛОГИЯ И ВРЕДНОСТЬ ТОПОЛЕВОЙ КРУЖЕВНИЦЫ *MONOSTEIRA UNICOSTATA* (MULSANT ET REY, 1852) (HETEROPTERA: TINGIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Джантимирова А.А., ORCID 0009-0003-1279-2498,
Прокопенко Е.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-1859-3241
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.djantimirova@mail.ru, helen_procop@mail.ru

В Донбассе различные виды тополей (род *Populus* L.) традиционно используются для озеленения городских кварталов и обочин дорог [3]. Деревья, произрастающие вдоль оживленных автодорог, испытывают воздействие комплекса повреждающих факторов, таких как выбросы автотранспорта, противогололедные реагенты, уплотнение почвы, вибрация. Вследствие этого повышается уязвимость к насекомым-фитофагам и фитопатогенам. Городские зеленые насаждения нередко становятся очагами инвазии и резерватами для видов-вселенцев, которые используют их для проникновения на новые территории. Тополевый клоп-кружевница *Monosteira unicastata* (Mulsant et Rey, 1852) (Heteroptera: Tingidae), являющийся опасным вредителем тополя, впервые был выявлен на территории Донецкой Народной Республики в 2021 г. [2]. Этот вид широко распространен в аридной части Западной и Центральной Палеарктики. В настоящее время отмечается активная экспансия *M. unicastata* на территории юга России [4]. Так, в Краснодарском крае вид впервые был зарегистрирован в 2018 г. [1], в Ростовской области – в 2020 г. [4].

Целью работы было установить распространение и уровень численности *M. unicastata* в придорожных насаждениях центральной части г. Донецка.

Мониторинг придорожных посадок тополя черного в г. Донецке проводился с апреля по сентябрь 2025 г. в соответствии с общепринятыми методиками. *M. unicastata* был отмечен на 12 солитарных деревьях *P. nigra*, произрастающих вдоль проспекта Ильича (48.002590, 37.846974). Во второй декаде сентября все обследованные деревья были поражены клопом. На 120 собранных листовых пластинах (около 50 % от собранных листьев) было найдено 52 имаго и 34 нимфы клопа. Численность клопов на пораженных листьях варьировала от 1 до 14 особей на лист.

Естественный ареал тополевой кружевницы охватывает территорию от Южной Европы и Северной Африки до Восточного Китая. По данным Global Biodiversity Information Facility (GBIF), в России с 2020 по 2025 гг. вид регистрировался 8 раз, наибольшее количество находок приходится на Республику Адыгею (25 % регистраций) [5].

Таблица

Регистрации тополевой кружевницы в регионах РФ (по данным GBIF [5])

Регион	Кол-во регистраций	Регион	Кол-во регистраций
Волгоградская обл.	1	Ростовская обл.	1
Дагестан	1	Краснодарский край	1
Республика Адыгея	2	Херсонская обл.	1
Республика Крым	1		

Помимо находок, представленных в GBIF, повреждения тополя *M. unicastata* регистрировали в Астраханской и Запорожской областях, Ставропольском крае [2].

Топлевая кружевница заселяет листья нижнего яруса крон и корневой поросли тополя черного (*P. nigra*) и тополя белого (*P. alba*) [2]. В результате активной жизнедеятельности *M. unicastata* снижается фотосинтетическая активность листьев, наблюдается преждевременная дефолиация деревьев, снижается их жизнеспособность и декоративность.

Пика своей активности *M. unicastata* достигает в конце лета (август–сентябрь), что приводит к значительному повреждению листьев. При высокой численности клопы наносят существенный ущерб видам рода *Populus*, особенно это касается молодых деревьев. Рядом авторов были описаны случаи гибели молодых тополей, регулярно заселявшихся вредителем [2]. На пораженных листовых пластинках наблюдается ярко выраженный хлороз, на абаксиальной стороне они покрыты черными экскрементами клопов и экзувиями личинок (рис.).

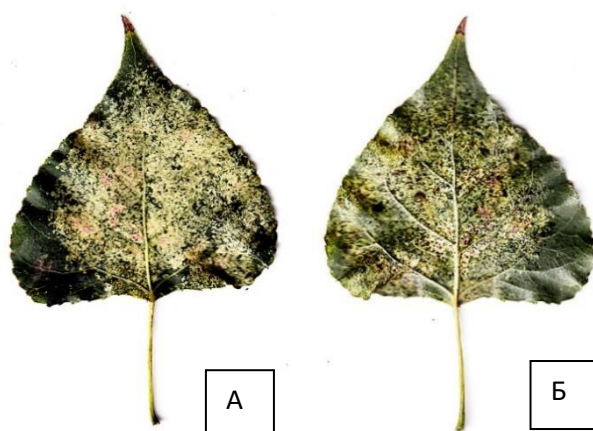


Рис. Хлороз на абаксиальной стороне листа *P. nigra* (А) и абаксиальная сторона листа *P. nigra* с черными точками экскрементов клопа (Б)

В настоящее время распространение *M. unicastata* в Донбассе носит локально-очаговый характер. В качестве кормовых растений отмечены тополь черный (*P. nigra*) и тополь белый (*P. alba*). Клопы образуют скопления имаго и личиночных стадий на листьях – до 14 экземпляров на одну листовую пластинку.

Питание клопа приводит к пожелтению листьев, загрязнению их экскрементами и преждевременной дефолиации, а высокий репродуктивный потенциал и расселение с помощью ветра значительно ускоряет распространение вредителя и заселение им древостоев, что представляет особую угрозу деревьям рода *Populus*, широко используемым в озеленении Донбасса.

Регуляции численности *M. unicastata* на тополях могут способствовать естественные хищники и паразитоиды, что требует специального изучения. Понимание динамики взаимодействия клопа с кормовым растением на разных стадиях роста имеет решающее значение для разработки эффективных стратегий борьбы с вредителем.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (номер госрегистрации 124051400023-4).

Список литературы

1. Голуб, В. Б. Первое указание вредителя тополя *Monosteira unicastata* (Mulsant et Rey) из Краснодарского края (Heteroptera, Tingidae) / В. Б. Голуб, И. В. Балахнина // Евразийский энтомологический журнал. – 2019. – Т. 18, вып. 2. – С. 125–128.
2. Губин, А. И. Тополевая кружевница *Monosteira unicastata* (Mulsant et Rey, 1852) (Heteroptera: Tingidae) – новый вредитель тополя в Донбассе / А. И. Губин, В. В. Мартынов, Т. В. Никулина // Промышленная ботаника. – 2023. – Вып. 23, № 3. – С. 52–58. – DOI 10.5281/zenodo.525810442791.
3. Корниенко, В. О. Деревья *Populus* L. в условиях урбанизированной среды Донецка / В. О. Корниенко, В. В. Реуцкая // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 24–34. – DOI 10.5281/zenodo.15005606. – EDN MOGDEG.
4. Николаева, А. М. Первое указание тополовой кружевницы *Monosteira unicastata* (Mulsant & Rey) (Heteroptera: Tingidae) из Ростовской области / А. М. Николаева, В. Б. Голуб // Полевой журнал биолога. – 2021. – Т. 3, №1. – С. 5–9.
5. GBIF.org (2025). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.z4hfpv> Accessed: 2025-10-03.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УСАЧАМИ, ОБНАРУЖЕННЫМИ В КОРЕ ШЕЛКОВИЦЫ ЧЕРНОЙ

Иванов Н.Н., ORCID 0009-0004-3657-568X

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ivanov_nikolay12@mail.ru

Семейство усачей, или дровосеков (Cerambycidae), включает в себя жесткокрылых (Coleoptera) средней и крупной величины. Большинство видов являются значительными вредителями древесной растительности [3]. Вредоносность усачей особенно часто наблюдается в степной зоне, где они являются наиболее значимыми вредителями стволовых [1]. Это делает изучение усачей, их распространения, биологии и вредоносности актуальным для условий Донбасса, где и проведены соответствующие исследования.

Для проведения исследований были выбраны три точки, экологические условия которых характерны для большей части степной зоны Донецкого региона: г. Макеевка, Кировский район, ул. Ляпидевского (48.035969, 37.925433); г. Макеевка, микрорайон Совколония (48.057371, 37.941233); г. Донецк, Ворошиловский район, Студенческий парк (48.010818, 37.788469). Сбор материала проходил в период с 14 января по 27 мая 2025 г.

В собранной коре шелковицы черной (*Morus nigra*) обнаруживались личинки усачей, которых инкубировали, наблюдая за их дальнейшим развитием. Всего было собрано 10 личинок и 1 куколка, из которых жизнеспособность после сбора сохранилась у 5 личинок (рис. 1).



Рис. 1. Имаго собранных усачей под микроскопом

14 января 2025 г. обнаружена первая личинка, и на момент сбора температура окружающей среды составляла -6°C . В собранном фрагменте коры обнаружены характерные ходы личинки. В ходе инкубации личинка несколько уменьшилась в размерах из-за ограниченного питания. 30 мая личинка окуклилась, и уже 3 июня произошел вылет имаго.

14 мая 2025 г. с одного фрагмента коры собраны 1 куколка и 5 личинок. В коре имеются характерные для усачей ходы и места их гнездования. Вылета имаго из собранной куколки не произошло: микроскопическое исследование показало, что куколка содержит лишь поверхностные покровы (рис. 2). Одна из личинок окуклилась 19 августа, вылет имаго – 22 августа. Другая личинка окуклилась 12 сентября, вылет имаго – 15 сентября. Остальные три личинки оказались нежизнеспособными до окукливания.



Рис. 2. Покровы куколки

27 мая 2025 г. собраны последние 4 из исследованных личинок: окукливание одной из них произошло 10 июня, вылет имаго – 24 июня. Две личинки нежизнеспособны. Еще одна личинка сохраняет жизнедеятельность – наблюдения за ней продолжаются. В образце коры всё так же содержатся ходы и места гнездования личинки.

Дальнейшие визуальные наблюдения показали небольшую активность усачей в коре шелковицы на протяжении июня, в июле же активность прекратилась. Собранные в июле образцы коры, помимо ходов и мест гнездования, содержат в себе яйцекладку усачей (рис. 3).



Рис. 3. Кора с ходами, гнездами и яйцекладкой

В процессе определения установлена видовая принадлежность усача – усач тутовый (*Trichoferus campestris* Faldermann, 1835). По литературным данным, личинки этого вида распространены на Донбассе, в Средней Азии и на Дальнем Востоке. Личинки развиваются под корой и в древесине лиственных и хвойных. Заселяет сухие бревна и пиломатериалы. Лёт имаго растянут с июня по август. Генерация не менее двух лет.

В целом, большинство описанных биологических особенностей подтверждались проведенным исследованием. Стоит отметить более растянутый лёт имаго, в сравнении с изученными литературными данными: на него могли повлиять как климатические особенности в год проведения исследования (засуха, более высокие среднесуточные температуры в июле), так и процесс инкубации.

На сегодняшний день изучение биологии и распространения тутового усача ограничено небольшим количеством исследований [2]. Это предопределяет необходимость дальнейшего изучения вида с целью понимания особенностей его жизненного цикла, влияния на древесную растительность и экологическую обстановку городской среды.

Список литературы

1. Воронцов, А. И. Лесная энтомология. – М.: Высшая школа, 1975. – 368 с.
2. Магдеев, Д. В. Биология жука-усача *Trichoferus campestris* Fald., 1825 (Coleoptera, Cerambycidae) в Среднем Поволжье / Д. В. Магдеев // Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы: Матер. 2-й Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2013. – С. 227–230.
3. Williams, G. Australian Jewel Beetles. Introduction to the Buprestidae / G. Williams, K. Mitchell, A. M. Sundholm. – CSIRO Publishing, 2024. – 215 p.

МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ ПРИАЗОВСКИХ СТЕПЕЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кожух И.А., ORCID 0009-0002-8803-7164,
Климович К.Г., ORCID 0000-0002-8824-7264,
Романчук Р.В., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-6200-3843
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
kozhuikh@sfedu.ru, kklimovich@sfedu.ru, romanchuk@sfedu.ru

Степная энтомофауна представляет собой большое биоразнообразное сообщество насекомых, среди которых имеются как растительноядные, включая опылителей и фитофагов, и хищников, а также сапрофагов и некрофагов. Изучение степной энтомофауны поможет получить данные различных связей насекомых с другими объектами среды обитания. Мониторинг популяций насекомых поможет выявить изменения в степных биоценозах из-за изменений климатических условий и антропогенного влияния. По этой теме имеются следующие работы [1–4].

Цель работы – изучение биотопического распределения герпетобионтных жесткокрылых участков Приазовского ботанико-географического района, а также особенностей их экологии и динамики изменения фауны в течение полевого сезона 2024 г.

В ходе исследования герпетобионтных жесткокрылых на территории Приазовского ботанико-географического района Ростовской области, в течение полевого сезона 2024 г., в общей сумме было выявлено 107 видов из 11 семейств – 63 видов (59 %) из семейства Carabidae, 11 видов (10 %) из семейства Tenebrionidae, 7 видов (6 %) из семейства Dermestidae, 7 видов (6 %) из семейства Histeridae, 7 видов (6 %) из семейства Elateridae, 4 вида (5 %) из семейства Silphidae, 3 вида (3 %) из семейства Staphylinidae, 2 вида (2 %) из семейства Scarabaeidae, 1 вид (1 %) из семейства Geotrupidae, 1 вид (1 %) из семейства Lucanidae, 1 вид (1 %) из семейства Chrysomelidae.

Для более подробного анализа семейства были разделены на подсемейства. Лидирующими подсемействами в семействе Carabidae являются Harpalinae (17 %) включающие в себя 18 видов и Pterostichinae (12 %) из 13 видов, ставшие подсемейства включают в себя Licininae (7 %) из 7 видов, Brachininae (6 %) из 6 видов, Platyninae (5 %) из 5 видов, Carabinae (3 %) из 3 видов, Lebiinae (2 %) из 2 видов, Panagaeinae (2 %) из 2 видов, Scaritinae (2 %) из 2 видов, Broscinae (1 %) из 1 видов, Elaphrinae (1 %) из 1 вида, Nebriinae (1 %) из 1 вида, Cicindelinae (1 %) из 1 вида, Trechinae (1 %). Семейство Histeridae включает себя Histerinae (5 %) из 5 видов и Saprinae (2 %) из 2 видов. Семейство Silphidae включает себя Silphinae (4 %) из 4

видов. Семейство Staphylinidae включает в себя Staphylininae (2 %) из 2 видов, Paederinae (1 %) из 1 вида. Семейство Geotrupidae включает в себя Bolboceratinae (1 %) из 1 вида. Семейство Lucanidae включает в себя Lucaninae (1 %) из 1 вида. Семейство Scarabaeidae включает в себя Dynastinae (1 %) из 1 вида, Scarabaeinae (1 %) из 1 вида. Семейство Elateridae включает в себя Elaterinae (3 %) из 3 видов, Melotinae (2 %) из 12 видов, Agrypninae (1 %) из 1 вида, Denticollinae (1 %) из 1 вида. Семейство Dermestidae включает в себя Dermestinae (7 %) из 7 видов. Семейство Tenebrionidae включает в себя Tenebrioninae (10 %) из 11 видов. Семейство Chrysomelidae включает в себя Galerucinae (1 %) из 1 вида.

При формировании базы данных и в представленном анализе выявленные 107 видов герпетобионтных жесткокрылых можно разделить на следующие 8 биологических групп. Доминирующей является группа «мезофилы», представленная 54 видами (49 %). Остальные группы: «ксерофилы» представлена 37 видами (34 %), «эврибионты» представлена 11 видами (10 %), «луговые мезофилы» представлена 3 видами (3 %), «лесные мезофилы» представлена 1 видом (1 %), «гигрофилы» представлена 1 видом (1 %), «луговые гигрофилы» представлена 1 видом (1 %), «геобионтные мезофилы» представлена 1 видом (1 %).

По результатам анализа широты трофической связи, «хищники» насчитывает 51 вид (48 %), «фитофаги» насчитывает 37 видов (34 %), «полифаги» насчитывает 8 видов (7 %), «копрофаги» насчитывает 5 видов (5 %), «некрофаги» насчитывает 3 видов (3 %), «хищники-малакофаги» насчитывает 2 вида (2 %), «микофаги» насчитывает 1 вид (1 %).

Анализ динамики изменения фауны герпетобионтных жесткокрылых по учетным месяцам проводился по двум основным параметрам: по количеству видов и количеству экземпляров. За май было собрано 6 экз., относящихся к 3 видам. За июнь было собрано 790 экз., относящихся к 52 видам. За июль было собрано 709 экз., относящихся к 50 видам. За август было собрано 1813 экз., относящихся к 56 видам. За сентябрь было собрано 231 экз., относящихся к 49 видам. За октябрь было собрано 132 экз., относящихся к 16 видам.

Подводя итог анализа по динамике уловистости всех вышеописанных площадок, стоит отметить, что наибольшее количество собранных видов и экземпляров наблюдалось на учетных площадках гумидных стаций. Наименьшее количество видов и экземпляров наблюдалось на учетных площадках аридных стаций. Это связано с тем, что в связи с жарким климатом летнего периода 2024 года, большинство видов жуков стремятся в наиболее благоприятные для них увлажненные местообитания согласно правилу зональной смены стаций.

Многочисленность семейства Carabidae и Staphylinidae можно объяснить их мезофильностью, ведь они собраны в больших количествах во влажных стациях. Многие эврибионты Carabidae были вынуждены из-за

жаркого лета найти более влажные и прохладные места, которыми стали эти влажные станции. Staphylininae были массовыми во влажных биотопах, что подтверждается их находками, особенно многочисленны *Staphylinus caesereus*. Представители подсемейства Silphinae оказались очень многочисленны из-за того, что во влажных станциях большинство жуков, при попадании в ловушки, умирая и разлагаясь выделяют запах, который привлекает Silphinae. Многочисленность подсемейства Tenebrioninae наблюдается в ловушках аридных станций. Это объясняется ксерофильностью, как отличительной особенностью данного подсемейств.

Список литературы

1. Арзанов, Ю. Г. Герпетобионтные жесткокрылые Островного и Стариковского участков Государственного природного биосферного заповедника «Ростовский» и сопредельных территорий / Ю. Г. Арзанов, А. Н. Пришутова // Биоразнообразие долины западного Маныча. – Ростов н/Д, 2012. – С. 127–159.
2. Арзанов, Ю. Г. Влияние пастбищной нагрузки на герпетобионтных жесткокрылых на маньчжурских степях / Ю. Г. Арзанов, С. В. Утянская // Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России. – Ростов н/Д, 2010. – С. 92–102.
3. Определитель насекомых юга России / А. В. Амолин, А. В. Антропов, Ю. Г. Арзанов [и др.]. – Ростов н/Д: Foundation, 2014. – Т. 1. – 865 с.
4. Черникова, М. П. Влияние возраста залежей почвы на фауну герпетобионтов постагрогенных черноземов Ростовской области / М. П. Черникова, М. А. Мясникова, К. Ш. Казеева, С. И. Колесников // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 112 (08). – С. 1–11.

УДК 595.774 : 591.52 (477.6)

ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ КРОВОСОСУЩИХ ДВУКРЫЛЫХ (DIPTERA: CULICIDAE, SIMULIIDAE, CERATOPOGONIDAE, TABANIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ Г. ДОНЕЦКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Маслодудова Е.Н., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-8321-7767
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
e.n.maslodudova@mail.ru

Сформированные определенные видовые комплексы кровососущих двукрылых насекомых, распространенные в природных зонах и городских агломерациях, претерпевают изменения под влиянием антропопрессинга. Многие виды, отмеченные как специфические или механические переносчики особо опасных инфекций и инвазий – сибирской язвы, туляремии, лихорадки Денге, лихорадки Зика, малярии, лихорадки Чикунгунья, дирофиляриоза и др., могут распространяться на большие

расстояния. Дальность их разлета составляет несколько километров, что способствует появлению и заселению ими новых территорий [1].

Полевые сборы преимагинальных фаз кровососущих двукрылых и лабораторные обработки осуществляли по общепринятым методам А.В. Гуцевича, А.С. Мончадского, А.А. Штакельберга, З.В. Усовой, И.А. Рубцова, Н.Г. Олсуфьева. При анализе использовали ретроспективные материалы энтомологических наблюдений кафедры зоологии и экологии ДонГУ. Фенологический мониторинг кровососущих двукрылых проводили круглогодично.

Ранее на территории г. Донецка зарегистрирован видовой комплекс комаров, представленный 23 видами, относящимися к 5 родам. Массовыми видами являются: *Anopheles maculipennis* Meig., *A. messae* Fall., *Aedes caspius caspius* Pall., *A. caspius dorsalis* Mg., *A. excrucians* Walker, *A. flavescens* Mull., *A. cataphylla* Dyar., *Culex pipiens pipiens* L., *C. pipiens molestus* Forsk.

Климатические особенности последних лет на территории ДНР, характеризующиеся теплыми зимами, ранней весной, жарким летом с превышением температуры свыше 40 градусов, продолжительно теплой осенью, способствовали развитию и распространению нового вида, ранее не регистрируемого, – *Aedes albopictus* Scuse, 1895. Впервые нами на территории Донецкой агломерации выявлен инвазивный вид – азиатский тигровый комар *A. albopictus*, расселившийся далеко за пределы своего естественного ареала. В летний период залетает в жилые помещения, на лоджии и балконы. Лесной зоофильный вид, обитатель стран юго-восточной Азии и островов Океании перешел к синантропному существованию. Местами выплода *A. albopictus* являются дупла деревьев, различные емкости, цветочные горшки, автомобильные покрышки, бочки и т.п. Яйца могут впадать в фотопериодическую диапаузу и выдерживать пересыхание в течение нескольких месяцев. Все эти характеристики способствовали расселению данного вида комара.

A. albopictus – экзофильный вид, на стадии имаго нападает в открытой природе и в жилищах человека. Опасность появления этого вида в нашей зоне заключается в том, что он питается на разных видах прокормителей, таких как млекопитающие, птицы, амфибии и рептилии. Поэтому возникает потенциальная опасность распространения новых зоонозных инфекций, передаваемых комарами рода *Aedes*, вызывающих значительные эпидемии – это возбудители желтой лихорадки, лихорадки Денге, арбовирусы, вирусы млекопитающих.

Комплекс кровососущих двукрылых на территории г. Донецка, кроме комаров представлен видами других семейств – Simuliidae, Tabanidae, Ceratopogonidae.

Мошки (Simuliidae) в отличие от других компонентов гнуса развиваются только в проточных водоемах. В связи с этим необходимо знать места выплода в целях разработки эффективных биологических мер

снижения их численности в природе. В окрестностях г. Донецка обследовано более 30 водотоков, из них в 23 собраны личинки и куколки мошек. В водотоках зарегистрированы места выплода 6 видов мошек: *Odagmia ornata* (Meig., 1818), *Boophthora erythrocephala* (De Geer, 1776), *Simulium nolleri* (Fried, 1920), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *E. angustitarse* Lundstr., *Wilhelmia mediterranea* (Puri).

Преимагинальные фазы мокрецов (Ceratopogonidae) развиваются в разных увлажненных местах, таких как мелководные участки рек, прудов, заболоченности со стоячей и слабопроточной водой, богатой разлагающимися органическими остатками; влажном грунте, иле стоячих водоемов, гниющей влажной древесной трухе, дуплах, под корой деревьев, влажной подстилке из прошлогодних листьев в парках и скверах и др. Личинкам свойственна высокая экологическая пластичность, в связи с этим они способны развиваться на различных субстратах. Массовыми являются 8 видов: *Culicoides pulicaris* L., *C. punctatus* Mg., *C. obsoletus* Mg., *C. vinutissimus* Zett., *C. fascipennis* Staeg., *C. simulator* Edw., *C. cubitalis* Edw., *C. nubeculosus* Mg.

К семейству Слепни (Tabanidae) относятся крупные кровососущие двукрылые. Развитие преимагинальных фаз слепней отмечено по берегам рек Кальмиус, Бахмутка, Грузская, Крынка, в многочисленных городских прудах, прудах Ботанического сада, ручьях; заболоченностях балки Богодуховская, Черепашкино, Путиловской рои и др. Выявлено 7 видов слепней: *Chrysops rufipes* Mg., *Tabanus bovinus* Lw., *Tabanus bromius* L., *Tabanus autumnalis* L., *Hybomitra ukrainica* Ols., *Hybomitra montana* L., *Haematopota pluvialis* L.

Пик активности нападения слепней отмечен с 10 до 15 часов. Слепни активны при солнечном освещении, хотя представители рода *Haematopota* (дождевики) особенно активны в пасмурную погоду при слабых дождевых осадках. Активный лёт отмечен в период со второй декады мая по третью декаду августа. Мошки способны нападать в дневное время, начиная с ранней весны и до поздней осени. Мокрецы проявляют повышенную активность при наступлении сумерек и в ранние утренние часы.

При планировании и проведении оздоровительных мероприятий необходимо учитывать расширение исследований по многим направлениям паразитологии, организации и внедрении системы паразитарного мониторинга численности, видового состава кровососущих двукрылых на территории Донецкой агломерации.

Список литературы

1. Сергиев, В. П. Появление экзотических переносчиков арбовирусных лихорадок – новая недостаточно оцениваемая биологическая угроза южным регионам России / В. П. Сергиев // Журнал инсектологии. – 2011. – № 3 (1). – С. 59–63.

ОПАСНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОСТЕЛЬНЫХ КЛОПОВ НА ТЕРРИТОРИИ ДНР

Маслодудова Е.Н., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-8321-7767,
Бандус С.Н.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
e.n.maslodudova@mail.ru

Отряд Полужесткокрылые (Hemiptera) включает около 40000 видов, большинство из которых представлено растительноядными насекомыми. На человеке паразитируют клопы – паразиты из семейства Cimicidae. Из них синантропами являются два вида: *Cimex lectularius* L. (обыкновенный постельный клоп) и *Cimex hemipterus* (F.) (тропический постельный клоп). *C. lectularius* космополит, широко распространен в умеренном климатическом поясе, паразитирует на человеке, домашних птицах, голубях, летучих мышах. Активность нападения на человека проявляет в темное время суток, ночью, во время сна. *C. hemipterus* распространен в странах тропического пояса. Постельные клопы имеют красно-бурый цвет и продолговатое, округлое тельце. Самки обычно немного крупнее самцов. Клопы относятся к насекомым с неполным превращением, у которых отсутствуют фаза куколки. Развитие идет по схеме: яйцо – личинка (5 возрастов) – нимфа – имаго. Полный цикл развития от яйца до нимфы занимает 30–40 дней, а при неблагоприятных условиях может затянуться до 3 месяцев. Размножаются клопы круглый год. Живут от полутора до двух лет. За время жизни самка может отложить 250–300 яиц.

Постельные клопы обычно заселяют сухие и теплые помещения, не переносят высокую относительную влажность воздуха. Оптимальные условия жизни: температура 28–30 °С и относительная влажность воздуха 25–30 %. При 15 °С клопы малоактивны, а при более низкой температуре впадают в холодное оцепенение.

Клопы могут быть механическими переносчиками различных инфекций (туляремия, оспа, бруцеллез, гепатит В, сибирская язва, брюшной тиф, чума).

Основная часть. Анализ распространения постельных клопов в г. Донецке проведен на основании данных об обращениях граждан на наличие клопов в ООО «Предприятие профилактической дезинфекции» и проведенных обработках против постельных клопов.

Для нашей местности заселение помещений постельными клопами не являлось типичным. Например, до 2014 г. случаи обращения граждан с жалобами на наличие клопов были довольно редкими (1–2 раза в месяц), затем количество обращений стало увеличиваться, и к началу 2023 г. составило в среднем 2–3 раза в неделю.

По-видимому, это связано с повышенной миграцией населения, способствующей быстрому расселению этого вида синантропа. Кроме того, птицы, их прикорм населением на балконах или вблизи домов, распространяют этих кровососов. Достаточно появиться одной оплодотворенной самке в квартире, чтобы очень быстро выросла целая колония. Также, кроме обитавшего у нас ранее *C. lectularius*, в регионе стали фиксировать случаи появления *C. hemipterus*, который ранее не встречался. Впервые *C. hemipterus* был обнаружен на территории России в 2016 г. [1, 2]. С начала 2022 г. от населения в адрес предприятия стали поступать жалобы на активизацию постельных клопов в дневное время. Эти насекомые обладали гораздо большей устойчивостью к инсектицидам, что усложняло борьбу с ними.

Обычного и постельного тропических клопов тяжело различить невооруженным глазом. Основные внешние различия между *C. lectularius* и *C. hemipterus* заключаются в относительной ширине переднеспинки (у *C. hemipterus* она менее чем в 2,5 раза шире своей длины, измеряемой вдоль средней линии; у *C. lectularius* она более чем в 2,5 раза шире своей длины) и ширине расширенных и уплощенных боковых краев переднеспинки или паранотумов (*C. hemipterus* они значительно уже, чем у *C. lectularius*). Следует отметить важную физиологическую особенность тропических постельных клопов. У взрослых особей *C. hemipterus* на задних лапках есть клеящие волоски, которые позволяют им перебираться по абсолютно плоским поверхностям.

Впервые необычных постельных клопов, которые нападали в дневное время, мы обнаружили в июле 2022 г. В настоящее время при проведении обработок от клопов, тропические постельные клопы встречаются примерно в 5–7 % случаев. Можно сказать, что *C. hemipterus* постепенно вытесняет *C. lectularius*. Это связано с большей активностью *C. hemipterus*, большей устойчивостью к инсектицидам, а также с тем, что спариваясь с *C. lectularius*, *C. hemipterus* стерилизует самок.

Мероприятия по борьбе с постельными клопами. Борьба с постельными клопами имеет свои особенности. Уничтожить клопов воздействием высоких и низких температур весьма сложно. Клопы погибают при температуре –45 °С за 45 минут, а при +70 °С за 60 минут. Поэтому основным методом уничтожения клопов является применение инсектицидов.

Популяции клопов, обнаруженные в ДНР, часто выявляют устойчивость к пиретроидам, ФОСам и карбаматам, остаются чувствительными к неоникотиноидам, но в настоящее время формируются популяции, резистентные и к соединениям из этой группы. Только средства на основе фосфорорганических инсектицидов (действующее вещество – хлорпирифос, хлорофос, малатион, фентион) обладают овицидным действием. К неоникотиноидам выявляется слабая резистентность, но они

не обладают пролонгированным эффектом. Пиретроиды остаются активными до месяца, могут кристаллизироваться на поверхностях, но к ним отмечена почти повсеместная резистентность.

Для эффективной борьбы с постельными клопами необходимо применять системы ротации инсектицидов.

В целях достижения максимально возможного воздействия инсектицидного средства на постельных клопов желательно добиться при обработке помещения выхода насекомых из своих укрытий. Для получения такого эффекта рекомендуется применение средств, вызывающих быстро наступающее нервное возбуждение, и приводящих к повышенной двигательной активности насекомых. Наиболее часто используемыми действующими веществами, обеспечивающими подобный характер поражения нервной системы членистоногих в инсектицидных средствах, являются пиретроиды.

Новым и весьма эффективным методом является применение неорганических инсектицидов (диатомитов, диоксидов). Диатомит представляет собой осадочную породу, которая возникла в результате окаменения диатомитовых водорослей *Diatomeae*. Диоксид кремния – это синтетический аналог диатомита. Препараты на их основе представляют собой мелкодисперсные порошки, которые попадая на клопов, приводят к их обезвоживанию и гибели. К этим препаратам отсутствует резистентность, так как применяется не химически-отравляющий, а механически-контактный способ уничтожения. Недостатком данного метода является медленное действие. Так, для полного избавления от клопов понадобится около 20 дней. Также использование диатомитов – это единственный метод, который можно рекомендовать населению для проведения самостоятельных обработок, так как неграмотное применение инсектицидных препаратов приведет к расселению клопов в незаселенные помещения и к формированию резистентности. Диатомиты, в отличие от инсектицидов, не обладают отпугивающим действием и не вынуждают насекомых мигрировать в места, не подвергшиеся обработке.

Список литературы

1. Голуб, В. Б. Новые данные о распространении тропического постельного клопа *Cimex hemipterus* и американского хвойного клопа *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Cimicidae, Coreidae) в Европейской части России / В. Б. Голуб, Е. В. Аксененко, В. А. Соболева, И. И. Корнев // Российский журнал биологических инвазий. – 2020. – № 1. – С. 2–7.
2. Хряпин, Р. А. Данные о распространении тропического постельного клопа *Cimex hemipterus* F. на территории Российской Федерации / Р. А. Хряпин, С. Н. Пугачев, А. А. Матвеев // Пест-менеджмент. – 2017. – № 2 (102). – С. 22–24.

**ПЕРВАЯ НАХОДКА ОСЫ *SCELIPHRON MADRASPATANUM*
(FABRICIUS, 1781) (HYMENOPTERA: SPHECIDAE) НА
ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА**

Оголь И.Н., ORCID 0009-0004-9003-3283

ylyaogol@mail.ru

До настоящего времени с территории Донбасса были известны 2 вида роющих ос рода *Sceliphron* Klug, 1801: аборигенный *S. destillatorium* (Illiger, 1807) и *S. curvatum* (F. Smith, 1870) – недавно натурализовавшийся инвазивный вид, происходящий из Южной и Центральной Азии (А.В. Амолин, личное сообщение). С 6 по 13 сентября 2025 г. в Кировском районе г. Донецка (ДНР) автор многократно наблюдал самку осы рода *Sceliphron*, несоответствующую морфологическим признакам ни одного из названных видов. Она систематически посещала родник на склоне балки Бирючья (координаты: 47°56'16" с. ш. 37°41'28" в. д.) для сбора влажной почвы в качестве гнездостроительного материала.

Автором произведена серия цифровых макрофотографий с разных ракурсов (рис. 1), рассмотрение которых позволило однозначно определить данную осу как *Sceliphron madraspatanum tubifex* (Latreille, 1809). Для этого подвида характерна двуцветная черно-желтая окраска, чем он напоминает *S. destillatorium*, но отличается более обильным желтым узором на мезосоме: желтые участки присутствуют на пронотуме, мезоплеврах и проподеуме [1–3]. Еще одним диагностическим признаком служит закругленные передние поверхности задних тазиков, что сближает его с *S. caementarium* (Drury, 1773) – инвазивным видом североамериканского происхождения, встреча которого в Донбассе вполне вероятна. Последний отличается полностью или частично желтой дорсальной поверхностью скапусов антенн (у *S. madraspatanum* полностью черная), брюшной стебелек чаще черный, а если желтый, то желтый участок имеется и на последующем 2-м тергуме метасомы (у *S. madraspatanum tubifex* стебелек полностью, реже частично, желтый, а все последующие тергумы метасомы всегда полностью черные) [2, 3]. Наконец, в отличие от *S. curvatum* и близкого к нему *S. deforme* (F. Smith, 1856), чья находка также ожидаема в нашем регионе, *S. madraspatanum* лишен коричневых тонов. Таким образом, специфичность окраски ос данного вида благоприятствует определению по фотографиям и даже по визуальным наблюдениям в полевых условиях, сбор коллекционных экземпляров для этой цели необязателен. Отказ от него позволяет избежать негативного влияния фаунистического исследования на численность особей, которое в случае с пионерной популяцией вполне может оказаться для нее фатальным.



Рис. Самка *Sceliphron madraspatanum tubifex*, греющаяся на солнце перед сбором строительного материала (А, Б) и собирающая влажную почву около родника (В)

S. madraspatanum сооружает лепные гнезда из почвы или глины, состоящие из нескольких продолговатых ячеек, провиантируемых парализованными пауками, а затем покрываемых общим слоем строительного материала [4, 5]. Такое устройство характерно и для других представителей номинативного подрода, включая *S. destillatorium* и *S. caementarium*, в связи с чем различение гнезд этих видов затруднительно. Напротив, гнезда *S. curvatum* и *S. deforme*, принадлежащих к подроду *Hensenia* Pagliano et Scaramozzino, 1990, легко отличить по отсутствию общего покрытия [2, 5]. В настоящее время гнезда *S. madraspatanum* в Донбассе не найдены, но в свете литературных данных о биологии этого вида, а также в связи с местом сбора строительного материала (рядом с жилыми кварталами и промышленными зданиями) наиболее вероятно его гнездование в постройках человека. Отметим, что сцелифроны собирают исключительно влажный строительный материал, причем отдают явное предпочтение местам, где он смочен чистой водой, например, родникам. Последние могут становиться точками концентрации самок, особенно в засушливый период. Так, родник, где автором был найден *S. madraspatanum*, на протяжении не менее 10 последних лет посещается большим количеством самок *S. curvatum*. При этом не отмечено агрессивной конкуренции за строительный материал, как внутри-, так и межвидовой. Осы полностью игнорировали друг друга, причем у каждой особи имелся небольшой индивидуальный участок, с которого она регулярно изымала комочки влажной почвы на протяжении многих суток, что приводило к образованию глубоких выемок. Интересно, что самки *S. destillatorium* никогда не наблюдались автором в этом месте, а посещали другой родник неподалеку, расположенный в более затененном месте.

Известно, что *S. madraspatanum* по сравнению со *S. destillatorium* более теплолюбив [6]. *S. m. tubifex* распространен в Средиземноморье, причем, например, во Франции строго приурочен к прибрежным регионам [2]. Однако с недавних пор наблюдается расширение его ареала на север: в 1987 г. впервые отмечен в Крыму [5], в 2018 г. – в Николаеве [7], в 2021 г. – в Венгрии [3], в 2022 г. – на севере Германии [7]. Последняя находка произведена в значительном отрыве по широте от всех прочих и ограничена одной особью, что может свидетельствовать о случайном завозе. Не считая ее, г. Донецк является самой северной известной автору точкой обнаружения данного вида. Хотя и в этом случае речь идет о единственной особи, отдаление от ближайших точек других находок не столь велико: в радиусе 400 км от города в южном, юго-западном и юго-восточном направлениях сделано не менее 9 других наблюдений [7]. Следовательно, *S. madraspatanum* мог проникнуть на территорию Донбасса как антропогенным, так и естественным путем. Удалось ли ему здесь закрепиться, покажут дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Пулавский, В. В. Сем. Sphecidae / В. В. Пулавский // Определитель насекомых европейской части СССР. Том III. Перепончатокрылые. Первая часть. – Л.: Наука, 1978. – С. 173–279.
2. Schmid-Egger, C. *Sceliphron curvatum* (F. Smith 1870) in Europa mit einem Bestimmungsschlüssel für die europäischen und mediterranen *Sceliphron*-Arten (Hymenoptera, Sphecidae) / C. Schmid-Egger // Bembix. – 2005. – В. 19. – С. 7–28.
3. Paulovics, P. First record of *Sceliphron madraspatanum* (Fabricius, 1781) from Hungary (Hymenoptera: Sphecidae) / P. Paulovics, Z. Vas // Folia entomologica hungarica. – 2021. – Vol. 82. – P. 55–58. – DOI 10.17112/FoliaEntHung.2021.82.55.
4. Sharma, S. Studies on Nesting and Hunting Behavior of *Pison punctifrons* Shuckard, 1838 and *Sceliphron madraspatanum* (Fabricius, 1781) (Apoidea: Hymenoptera: Insecta) in Dehradun, Uttarakhand, India / S. Sharma, G. Sharma // Biological Forum – An International Journal. – 2021. – Vol. 13, № 4. – P. 1269–1272.
5. Fateryga, A. V. Nesting ecology of the wasp *Sceliphron destillatorium* (Illiger, 1807) (Hymenoptera, Sphecidae) in the Crimea / A. V. Fateryga, M. M. Kovblyuk // Entomological Review. – 2014. – Vol. 94, № 3. – P. 330–336. – DOI 10.1134/S001387381403004X. – EDN XNGPCP.
6. Казенас, В. Л. Роющие осы (Hymenoptera, Sphecidae) Казахстана / В. Л. Казенас // Tethys Entomological Research. – 2002. – Vol. 4. – P. 1–78.
7. GBIF Occurrence Download. – 2025. – URL: <https://www.gbif.org/occurrence/download/0030569-250920141307145> (дата обращения: 29.09.2025). – DOI 10.15468/dl.qeb9ze.

***ACONTIA CANDEFACATA* (HÜBNER, 1831) (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) В ДОНЕЦКЕ**

Прокопенко Е.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-1859-3241,

Джантимирова А.А., ORCID 0009-0003-1279-2498

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

helen_procop@mail.ru, a.djantimirova@mail.ru

Амброзиевая совка *Acontia candefacta* (Hübner, 1831) (Lepidoptera, Noctuidae) была в 60-х годах XX века интродуцирована в Россию из Северной Америки для борьбы с амброзией полыннолистной (*Ambrosia artemisifolia* L., 1753) – опасным инвазивным сорняком, также происходящим из Северной Америки [3, 4]. Мониторинг распространения амброзиевой совки в Центральном Донбассе является важной задачей, поскольку, с одной стороны, потенциально этот вид может помочь в борьбе с амброзией, а с другой – гусеницы могут питаться не только на амброзии, но и на других видах сложноцветных и воздействие этого чужеродного вида на биоразнообразие может оказаться негативным.

Целью работы было изучить распространение, численности и степень воздействия амброзиевой совки на амброзию полыннолистную в г. Донецке.

С июня по сентябрь 2025 г. в Ворошиловском, Кировском, Ленинском и Куйбышевском районах г. Донецка проводилось визуальное обследование и обкашивание энтомологическим сачком амброзии полыннолистной с целью обнаружения гусениц и бабочек амброзиевой совки. Кроме того, имаго амброзиевой совки было собрано с ловчего пояса, установленного на стволе дуба на высоте 1,5 м в искусственном древесном насаждении в Ленинском районе.

Исходный ареал амброзиевой совки охватывает регион от северной Мексики через большую часть США до Канады [3]. Кормовыми растениями, кроме амброзии полыннолистной, выступают различные сложноцветные родов *Ambrosia*, *Artemisia*, *Aster*. С целью контроля распространения амброзии Всесоюзный институт защиты растений в 1967–1968 гг. выпустил амброзиевую совку в Краснодарском и Ставропольском краях [4]. Вид образовал стабильные популяции и впоследствии начал распространяться на соседние территории. В конце девяностых – начале двухтысячных годов амброзиевая совка была отмечена в Ростовской области, Крыму, на Северном Кавказе. Позднее ее обнаружили в Болгарии, Румынии, Сербии (2009 г.), Венгрии (2012 г.), Словакии (2018 г.), Хорватии (2019 г.) и Италии (2021 г.) [3]. В Центральном Донбассе вид был найден в заповедниках «Каменные Могилы» и «Провальская степь» и с. Дьяково (Антрацитовский р-н ЛНР) [1].

По данным Global Biodiversity Information Facility (GBIF), в России с 2017 по 2025 гг. амброзиевая совка регистрировалась 67 раз, причем наибольшее количество находок приходится на Краснодарский край (40% регистраций) [2].

Таблица 1

Регистрации амброзиевой совки в регионах РФ (по данным GBIF [2])

Регион	Кол-во регистраций	Регион	Кол-во регистраций
Астраханская обл.	1	Кабардино-Балкария	1
Воронежская обл.	1	Краснодарский край	27
Белгородская обл.	12	Курская обл.	1
Брянская обл.	1	Ростовская обл.	6
Чеченская республика	1	Ставропольский край	1
Дагестан	1	Тульская обл.	1

Вид образует от двух до четырех поколений в год, развиваясь с мая по сентябрь, имаго способны летать уже при 15 °С. Личинки последнего поколения окукливаются в почве и зимуют. Высказывалось предположение, что потепление климата, сопровождающееся более мягкими зимами, способствовало распространению амброзиевой совки на новые территории [3, 4].

В результате проведенных исследований были отмечены только имаго амброзиевой совки (табл. 2, рис.). Бабочки активно расселяются, летят на свет (находка в подъезде дома). Несмотря на тщательные поиски на амброзии, гусеницы не были обнаружены, что может объясняться их малой численностью в исследованных районах. Ранее было показано, что в течение ряда лет популяции амброзиевой совки в Ростовской области были очень малочисленны и локальны, пока в 2005 г. не было отмечено значительного увеличения ее численности [4]. Сходную динамику обилия этого вида можно ожидать и в г. Донецке, где амброзия занимает значительные и все увеличивающиеся площади.

Таблица 2

Находки имаго амброзиевой совки в г. Донецке

Дата	Координаты	Кол-во экз.	Примечание
10.06.25	47°56'18" 37°47'14"	1	ловчий пояс на стволе дуба в лиственном насаждении
26.07.25	47°57'14" 37°46'46"	1	внутри остановочного павильона, на стекле
09.08.25	47°57'19" 37°46'24"	1	в подъезде в паутине <i>Pholcus</i> sp.
15.08.25	47°56'30" 37°46'20"	1	на амброзии
23.08.25	47°57'52" 37°47'15"	2	на амброзии



Рис. Имаго *Acontia candefacta* на амброзии

В результате обследования растений амброзии полыннолистной в течение полевого сезона 2025 г. в г. Донецке гусеницы амброзиевой совки найдены не были. Обнаружено 6 особей бабочек этого вида. При современном состоянии популяции амброзиевой совки заметного воздействия на амброзию не оказывают.

Исследование выполнено в рамках тематики молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Ключко, З. Ф. Новые и малоизвестные виды совков (Lepidoptera) фауны Украины / З. Ф. Ключко, Ю. И. Будашкин, Р. П. Герасимов // Вестник зоологии. – 2004. – Vol. 38, No 1. – С. 94.
2. GBIF.org (2025). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.75xgtv>. Accessed: 2025-09-28.
3. Glerean, P. Prima segnalazione per l'Italia di *Acontia candefacta* (Hübner, 1831) (Lepidoptera, Noctuidae) / P. Glerean, L. Morin // Gortania. Botanica, Zoologia. – 2021. – Vol. 43. – P. 89–94.
4. Poltavsky, A. N. *Tarachidia candefacta* (Lepidoptera: Noctuidae) in the south of European Russia / A. N. Poltavsky, K. S. Artokhin // Phegea. – 2006. – Vol. 34, No 2. – P. 41–44.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ВИДОВОЙ СОСТАВ МОШЕК ДОНБАССА

Рева М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-4206-2279,

Алёшина Д.Н., Ясинский В.Е.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

mvreva@mail.ru

Мошки (компонент гнуса) – кровососущие двукрылые насекомые. Являются неотъемлемой частью фауны нашего региона, служат пищей для многих животных [1, 4, 6, 7]. Преимагинальные фазы размножаются исключительно в текучих водоемах. Особенно много взрослых мошек встречается в лиственных лесах с высокой влажностью и возле водоемов – мест выплода.

Научная и практическая значимость: самки мошек являются злостными кровососами, массово нападают на людей и животных, делая невозможной работу на открытом воздухе без средств защиты. Кроме того, самки мошек являются специфическими и механическими переносчиками возбудителей заболеваний человека и животных [2–5].

Цель – изучить биологические особенности мошек Донбасса. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: выявить видовой состав мошек Донбасса; изучить биологию преимагинальных фаз мошек Донбасса; изучить биологию взрослых мошек Донбасса.

Изучение вопросов биологии мошек затрудняется широким распространением внутривидовых форм, часто с трудом и слабо различающихся морфологически, но подчас очень резко по циклам развития и другим деталям биологии [3].

В результате наших исследований было обнаружено 6 видов мошек, относящихся к 5 родам: *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758), *Nevermannia angustitarsis* (Lundstrom, 1911), *Eusimulium aureum* (Fries, 1824), *Eusimulium angustipes* (Edwards, 1915), *Boophthora erythrocephala* (De Geer, 1776), *Argentisimulium noelleri* (Fried., 1920).

Ниже приводим сведения по биологии видов мошек Донбасса.

W. equina. Лесостепной вид, многочисленный и широко распространенный. Самки этого вида являются кровососами сельскохозяйственных животных. Населяют средние реки и реки малой величины. Вид может обитать в сильно загрязненных водоемах. Имеет 2–3 генерации в году. Первая генерация вылетает в конце апреля, вторая – в конце июня, третья – в конце августа.

N. angustitarsis. Вид многочисленный. Населяет водотоки различных типов, кроме ручьев Приазовья и р. Северский Донец. В разные годы вид

имеет 3–4 генерации. В годы с ранней весной и жарким летом наблюдается три летних генерации и одна зимующая. В годы с холодным летом нами отмечено развитие двух летних генераций и одной зимней генерации.

E. angustipes. Вид малочисленный. Населяет водотоки с чистой водой, илисто-песчаным дном, шириной до 1–3 м, глубиной до 1,5 м, скорость течения 0,3–0,7 м/сек. В году развивается две генерации.

B. erythrocephala. Широко распространенный и массовый вид. Самки являются кровососами человека и животных. Развитие этого вида, происходит во всех водотоках, кроме лесных родниковых ручьев. Вид может обитать в воде, загрязненной сельскохозяйственными стоками. Имеет 3–4 генерации в год.

A. noelleri. Вид массовый. Населяет ручьи, малые и средние реки. Чаще всего, по нашим наблюдениям, наибольшее количество их встречается в ручьях, вытекающих из прудов.

Целый ряд «изменчивых» видов, которым приписывался ряд генераций в году, в действительности состоит из ряда близких форм или видов, трудно отличимых морфологически и развивающихся в одной генерации, в разных местообитаниях подчас одного водоема. В северных широтах большинство видов вылетает в конце июня – июля – августа и срок лёта взрослых насекомых ограничивается двумя летними месяцами (июль, август). В средних широтах лёт мошек продолжается с апреля до октября. На юге максимум отрождения взрослых насекомых наблюдается весной и осенью. Кажущиеся различия объясняются смешением близких видов или форм. Так, например, первая крупная форма вылетает ранней весной и не встречается до весны следующего года. Другие формы этого вида развиваются летом или осенью. В холодных непересыхающих горных ручьях виды, развивающиеся в одном поколении в году, вылетают в течение лета и осени. В пересыхающих на лето родниках вылет единственного поколения сдвинут к весне.

Самцы отрождаются на несколько дней ранее самок. Оплодотворение осуществляется вскоре, иногда сразу после отрождения, поблизости мест отрождения, часто в прибрежной растительности. У некоторых оплодотворение осуществляется в воздухе. По-видимому, с отношениями полов связано и характерное роение. Рои бывают большими и наблюдаются в определенное время: утром при восходе солнца или вечером в сумерках.

Изучение биологии взрослых мошек на территории Донбасса показало, что виды *N. angustitarsis*, *W. equinum*, *B. erythrocephala*, *A. noelleri* являются массовыми и широко распространенными; *E. angustipes* – малочисленный и редкий вид, *E. aureum* – малочисленный, но часто встречающийся.

Мошки на территории Донбасса имеют от 2 до 5 генераций. Все виды, за исключением *E. angustipes*, являются эврибионтными и выдерживают значительное загрязнение воды. Вид *E. angustipes* обитает только в чистых

водоемах. На территории Донбасса мошки концентрируются вблизи от мест выплода. Основным местом укрытия в дневные часы является прибрежная растительность. Большинство видов, за исключением *E. angustipes*, зарегистрированы как кровососы человека и домашних животных.

Изучение биологии преимагинальных фаз развития мошек показало, что личинки мошек заселяют различные типы водотоков со скоростью течения более 0,2 м/сек; оптимальная скорость течения начинается от 0,2–0,5 м/сек и для некоторых видов может достигать 0,8 м/сек (*W. equina*, *A. noelleri*). Являются stenothermными, но и есть эвритермные виды (*A. noelleri*). Виды *E. aureum*, *W. equinum* зимуют в фазе яйца; *N. angustitarsis*, *E. angustipes* зимуют в фазе личинки; *B. erythrocephala*, *A. noelleri* могут зимовать и в фазе яйца, и в фазе личинки в зависимости от погодных условий. Отрождение личинок из яиц начинается в марте и продолжается до апреля – мая при температуре воды от 2–6 до 14 °С. Отрождение личинок из яиц, зимующих в фазе личинки, наблюдается во второй половине сентября – первой половине ноября при температуре воды 3–12 °С. Плотность населения личинок и куколок мошек в местах обитания может варьировать от 180–300 шт./дм² у *W. equina* до 700–900 шт./дм² у *N. angustitarsis*.

Список литературы

1. Алешина, Д. Н. Эколого-фаунистический комплекс мошек Донбасса / Д. Н. Алешина, М. В. Рева // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. матер. XVII Междунар. конф. асп. и обуч. – Донецк: ФГБОУ ВО «ДОННТУ», 2023. – С. 3–5.
2. Рева, М. В. Фауна и биология имаго мошек (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* End., 1921 Донбасса / М. В. Рева, З. В. Усова, Р. Д. Семушин // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2013. – № 1 (13). – С. 134–153.
3. Рева, М. В. Мошки (Diptera, Simuliidae) г. Донецка / М. В. Рева, А. Э. Бакланова // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. IV Междунар. науч. конф. Т. 2: Хим.-биол. науки. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. – С. 314–316.
4. Рева, М. В. Сезонная динамика и особенности экологии мошек города Донецка / М. В. Рева, А. Э. Бакланова, Е. С. Щелкова // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. IV Междунар. науч. конф. Т. 2: Хим.-биол. науки. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2020. – С. 278–279.
5. Рева, М. В. Мошки рода *Eusimulium* Roubaud, 1906 Донбасса / М. В. Рева, А. О. Шкиренко // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. VII Междунар. науч. конф. Т.3: Биол. и мед. науки, экология. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022. – С. 157–159.
6. Рубцов, И. А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Мошки (Simuliidae) / И. А. Рубцов. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – Вып. 6. – 533 с.
7. Янковский, А. В. Определитель мошек (Diptera; Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР) / А. В. Янковский. – СПб., 2002. – 570 с.

БИОЛОГИЯ И ЗНАЧЕНИЕ МОШЕК РОДА *EUSIMULIUM* END. (DIPTERA, SIMULIIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

Рева М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-4206-2279,

Кищенко Д.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

mvreva@mail.ru

Мошки (Simuliidae, Diptera) представляют собой таксономически сложную группу, поскольку морфологическое сходство между близкими видами может быть очень высоким [1]. Самки мошек, будучи активными гематофагами, способны существенно влиять на продуктивность сельскохозяйственных животных в периоды массового нападения. Укусы мошек – болезненны, а их слюна содержит токсины, провоцирующие сильные аллергические реакции и воспалительные процессы [4]. Токсины, содержащиеся в слюне, обладают выраженным гемолитическим действием. Кроме того, мошки являются переносчиками возбудителей опасных инфекций, включая сибирскую язву, туляремию и другие [3].

Цель работы – выявить видовой состав, изучить биологию и значение мошек рода *Eusimulium*, обитающих на территории Донбасса.

На территории Донбасса расположены биотопы, благоприятные для размножения и развития преимагинальных фаз кровососущих мошек. В данной работе проводится исследование видового разнообразия и биологии мошек рода *Eusimulium* в этом регионе. Всего на данной территории было выявлено четыре вида мошек рода *Eusimulium*: *E. aureum* (Fries, 1824), *E. krymense* Rubzov, 1956, *E. angustipes* (Edwards, 1915), *E. securiforme* Rubzov, 1956. В большинстве случаев встречаемость видов невысока, за исключением *E. securiforme*, который достаточно часто встречается.

Размножение мошек рода *Eusimulium* в Донбассе происходит в проточных водоемах с чистой водой и умеренной скоростью течения (0,2–0,8 м/сек). В отдельных участках рек Северский Донец, Казенный Торец и Лугань размножение мошек не наблюдается из-за высокого уровня загрязнения, особенно хлоридами, фосфатами, а также азотными и сульфатными соединениями.

Места выплода можно разделить на три основных типа.

1. Небольшие реки (от 10 до 100 км в длину, от 3 до 20 м в ширину и от 0,25 до 0,5 м в глубину), характеризующиеся интенсивным использованием воды для орошения. Скорость течения здесь варьирует от 0,3 до 1,0 м/сек, вода часто мутная. В весенний период в этих водоемах доминируют виды *E. aureum* и *E. securiforme*.

2. Ручьи, берущие начало из родников в лесных зонах (протяженностью 1–2 км, шириной 1–2 м и глубиной от 3 до 20 см). Эти

водоемы отличаются чистой водой, температура которой в июле – августе составляет 15–17 °С. Здесь преобладают виды *E. krymense* и *E. angustipes*.

3. Родниковые ручьи на открытой местности (длиной 50–300 м, шириной 0,2–0,6 м и глубиной 2–15 см). Температура воды в этих ручьях в июле – августе достигает 20–23 °С, а в воде присутствует травянистая растительность. Здесь чаще всего встречается вид *E. securiforme*.

Мошки зимуют на стадиях яиц или личинок. Исследования З. В. Усовой [2] показали, что даже небольшие ручьи и источники, не пересыхающие летом, остаются влажными на дне в зимний период. Ледяная корка и слой воздуха предотвращают полное промерзание ручьев (температура варьирует от 0,5 до 20 °С), создавая тем самым благоприятные условия для зимовки водных форм.

Есть как теплолюбивые виды (к ним относят *E. aureum* и *E. securiforme*), так и холодолюбивые (*E. krymense* и *E. angustipes*).

Мошек рода *Eusimulium*, обитающих в Донбассе, можно классифицировать на две группы в зависимости от способа зимовки:

- 1) виды, которые зимуют в стадии яиц (*E. aureum* и *E. securiforme*);
- 2) виды, которые зимуют в личиночной стадии (*E. krymense* и *E. angustipes*).

Рост и жизненный цикл мошек тесно связаны с погодными условиями, которые отличаются для разных видов. Исследования по биологии мошек рода *Eusimulium* показали, что представители данного рода в Донбассе предпочитают для обитания хорошо освещенные солнцем ручьи, родники и небольшие реки с умеренным течением (0,2–0,8 м/с). Зимовка мошек рода *Eusimulium* проходит как в фазе яйца, так и в фазе личинки в зависимости от погодных условий. Мошки рода *Eusimulium* имеют 1–3 генерации в году.

Самки *E. securiforme* предпочитают кровь птиц, но иногда могут нападать на животных и людей. Виды *E. aureum*, *E. krymense* и *E. angustipes* как кровососы не зарегистрированы.

Список литературы

1. Рубцов, И. А. О критериях аллопатрических видов кровососущих мошек группы *Odagmia ornate* (Mg). (Diptera, Simuliidae) / И. А. Рубцов // Энтомол. обзор. – 1962. – Т. XLI, № 4. – С. 900–920.
2. Усова, З. В. Фауна мошек Карелии и Мурманской области / З. В. Усова. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – 286 с.
3. Хлызова, Т. А. Патологическое воздействие слюны кровососущих двукрылых насекомых на организм человека и животных (обзор) / Т. А. Хлызова, О. А. Федорова, Е. И. Сивкова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 7 (207). – С. 90–96.
4. Демьянченко, Г. Ф. Токсичность слюны мошек (сем. Simuliidae) для организма сельскохозяйственных животных / Г. Ф. Демьянченко // Труды Института ветеринарии, санитарии и эктопаразитологии. – 1958. – № 12. – С. 91–104.

МОРФОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ МОШЕК РОДА *WILHELMIA* END. (DIPTERA: SIMULIIDAE) ДОНБАССА

Рева М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-4206-2279,

Литвинова С.А., Диденко М.С.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

mvreva@mail.ru

Мошки семейства Simuliidae из отряда двукрылых включают около 2000 видов. При массовом нападении возможны симптомы отравления и даже смерть животных [2].

Цель работы – изучение морфологии и биологии мошек рода *Wilhelmia* End. (Simuliidae, Diptera) и его отдельных видов, обитающих на территории Донбасса.

В 1921 г. Эндерлейном было сделано первое описание рода *Wilhelmia*. Далее изучением этого рода занимались И.А. Рубцов, З.В. Усова, А.В. Янковский, Stone, Crosskey. Наиболее подробное описание рода *Wilhelmia* было сделано И.А. Рубцовым, А.В. Янковским в 1984 г. в «Определителе родов мошек Палеарктики» [1, 3].

Род *Wilhelmia* обладает рядом уникальных морфологических особенностей, отличающих его от других родов семейства: куколки характеризуются сильно вздутыми дыхательными трубочками, половозрелые самцы имеют крайне мелкие крючковидные гоностили, специфическую форму гоностерна и склеротизированные шипики гонофурки.

Исследование биологии преимагинальных стадий развития мошек рода *Wilhelmia* на территории Донбасса показало, что личинки и куколки развиваются в различных водных объектах: крупных, средних и малых реках, местах слияния рек и их притоков, ручьях, вытекающих из прудов и озер. Распределение и развитие преимагинальных фаз симулиид зависит от совокупного влияния факторов окружающей среды: колебаний уровня воды, температуры (от 7 до 26 °С), скорости течения (от 0,2 до 0,8 м/с), содержания кислорода в воде. Миграции личинок мошек связаны с резкими изменениями условий обитания.

Изучение биологии взрослых особей на территории Донбасса показало, что по характеру зимовки мошки рода *Wilhelmia* разделяются на три группы: 1) зимующие в фазе яйца (*W. equina*, *W. tertia*, *W. turgaica*, *W. lineata*); 2) зимующие в фазе личинки (*W. salopiensis*); 3) зимующие как в фазе яйца, так и в фазе личинки (*W. veltistshevi*).

Мошки рода *Wilhelmia* имеют 4–5 поколений в году. Их развитие и лёт продолжаются с начала апреля по октябрь. В Придонецкой низменности, Придонецкой возвышенности и Донецком кряже лёт мошек начинается на

1–2 недели позже. Ночью мошки укрываются в тростниковых зарослях по берегам, а днем избегают прямого солнечного света.

Местами укрытия для мошек рода *Wilhelmia* на территории Донбасса в ночное время служат заросли тростника по берегам рек и на многочисленных островах. Мошки располагаются небольшими группами по 3–5 особей с нижней стороны листа. В течение года развиваются 4–5 генераций. Ночью и днем мошки стремятся на подветренную сторону, в дневное время избегают прямых солнечных лучей. Днем мошки находят укрытие в луговой траве на пастбищных угодьях. Места укрытия расположены не далее 1 км от водотоков. *W. mediterranea*, *W. salopiensis*, *W. balcanica* встречаются в прибрежной растительности, кустарниках, кронах деревьев на расстоянии до 1 км от мест выплода [4].

Атакующими добычу видами являются *W. equina*, *W. mediterranea*, *W. balcanica*, *W. salopiensis*. Наиболее злостным и массовым кровососом является вид *W. mediterranea*, нападающий на расстоянии до 3 км от водотока. Очень высокая кровососущая активность *W. mediterranea*, *W. salopiensis* проявляется в Приазовье. Наиболее интенсивные нападения мошек *W. mediterranea* наблюдаются в конце июля и августе. *W. mediterranea*, *W. balcanica* очень часто атакуют потеющего человека, но не нападают на спокойно сидящего наблюдателя. Преимущественными объектами нападения для *W. equina*, *W. mediterranea*, *W. balcanica*, *W. salopiensis* является крупный рогатый скот. *W. mediterranea* также могут питаться нектаром и пылью цветковых растений [3].

Род *Wilhelmia* отличается от других родов семейства по морфологическим особенностям: куколки имеют вздутые дыхательные трубочки, самцы – мелкие крючковидные гоностили и специфическую форму гоностерна. Биология мошек рода также характеризуется своими особенностями. Изучение симулиид на территории Донбасса продолжается.

Список литературы

1. Рева, М. В. Морфологические особенности мошек рода *Wilhelmia* Enderlein, 1921 (Diptera, Simuliidae) / М. В. Рева, А. В. Руппа // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. VII Междунар. науч. конф. (Донецк, 27–28 октября 2022 г.). – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022. – Т. 3. – С. 154–156.
2. Рубцов, И. А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Мошки (Simuliidae) / И. А. Рубцов. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – Вып. 6. – 533 с.
3. Рубцов, И. А. Определитель родов мошек Палеарктики / И. А. Рубцов, А. В. Янковский. – Л.: Наука, 1984. – 142 с.
4. Усова, З. В. Фауна и биология мошек (Diptera, Simuliidae) юго-востока Украины / З. В. Усова // Тез. докл. IX конф. Укр. паразитол. общ-ва. – Киев, 1980. – Ч. 5. – С. 96.

ОРНИТОФАУНА СЕКТОРА «БЫЧОК – КРАСНОГОРКА» (ПРИДНЕСТРОВЬЕ)

Тищенко А.А., Антеков А.А.

ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,
г. Тирасполь, Приднестровская Молдавская Республика
tdbirds2@gmail.com, qwert_792@mail.ru

Сектор «Бычок – Красногорка» – один из пяти участков планируемого национального парка «Скифский рубеж», он расположен между одноименными селами Григориопольского района ПМР. Занимает коренной берег Днестра с выходами скальных пород, образованными плотными известняками среднесарматского моря. У подножья склона сохранилось множество входов в штольни, где до 80-х годов XX-го века добывался известняк. В средней и верхней частях склона сектор занят рудерально-степной растительностью и посадками сосны крымской [1].

Изучение орнитофауны участка проводилось в 2022 году. Некоторые фрагментарные данные были получены ранее. Сплошные учеты птиц в секторе выполнялись на площади около 0,34 км², путем маршрутного обхода территории сверху склона и внизу вдоль Днестра. Расчет обилия птиц производился простым делением количества зарегистрированных пар на учетную площадь. По некоторым субъективным причинам провести количественные зимние учеты птиц не представилось возможным. Систематика птиц приводится по Л.С. Степаняну [2].

На участке «Бычок – Красногорка» (включая р. Днестр вдоль склона) зимой был зарегистрирован 31 вид птиц: большой баклан (*Phalacrocorax carbo*), лебедь-шипун (*Cygnus olor*), кряква (*Anas platyrhynchos*), ястреб-перепелятник (*Accipiter nisus*), пустельга (*Falco tinnunculus*), фазан (*Phasianus colchicus*), чайка-хохотунья (*Larus cachinnans*), ушастая сова (*Asio otus*), зеленый дятел (*Picus viridis*), большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*), полевой жаворонок (*Alauda arvensis*), сойка (*Garrulus glandarius*), сорока (*Pica pica*), галка (*Corvus monedula*), грач (*Corvus frugilegus*), серая ворона (*Corvus cornix*), ворон (*Corvus corax*), крапивник (*Troglodytes troglodytes*), желтоголовый королек (*Regulus regulus*), горихвостка-чернушка (*Phoenicurus ochruros*), черный дрозд (*Turdus merula*), лазоревка (*Parus caeruleus*), большая синица (*Parus major*), пищуха (*Certhia familiaris*), полевой воробей (*Passer montanus*), щегол (*Carduelis carduelis*), коноплянка (*Acanthis cannabina*), дубонос (*Coccothraustes coccothraustes*), просьянка (*Emberiza calandra*), обыкновенная овсянка (*Emberiza citrinella*), камышевая овсянка (*Emberiza schoeniclus*). В 2022 году в секторе отмечено гнездование 40 видов птиц (табл.) и 1 пара зимородка *Alcedo atthis*.

Таблица

Структура гнездовой орнитофауны сектора «Бычок – Красногорка»

Вид	КП*	Пар/км ²	Вид	КП*	Пар/км ²
<i>Falco tinnunculus</i>	1	2,9	<i>Muscicapa striata</i>	1	2,9
<i>Phasianus colchicus</i> **	1	2,9	<i>Oenanthe oenanthe</i>	1	2,9
<i>Columba palumbus</i>	2	5,9	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1	2,9
<i>Streptopelia turtur</i>	1	2,9	<i>Phoenicurus ochruros</i>	1	2,9
<i>Asio otus</i>	1	2,9	<i>Erithacus rubecula</i>	1	2,9
<i>Merops apiaster</i>	3	8,8	<i>Luscinia luscinia</i>	1	2,9
<i>Upupa epops</i>	1	2,9	<i>Turdus merula</i>	3	8,8
<i>Jynx torquilla</i>	1	2,9	<i>Turdus philomelos</i>	1	2,9
<i>Dendrocopos major</i>	1	2,9	<i>Parus caeruleus</i>	1	2,9
<i>Dendrocopos syriacus</i>	1	2,9	<i>Parus major</i>	5	14,7
<i>Motacilla alba</i>	1	2,9	<i>Passer montanus</i>	6	17,7
<i>Lanius collurio</i>	5	14,7	<i>Fringilla coelebs</i>	3	8,8
<i>Oriolus oriolus</i>	4	11,8	<i>Chloris chloris</i>	2	5,9
<i>Sturnus vulgaris</i>	2	5,9	<i>Carduelis carduelis</i>	3	8,8
<i>Pica pica</i>	1	2,9	<i>Acanthis cannabina</i>	1	2,9
<i>Corvus cornix</i>	2	5,9	<i>Emberiza calandra</i>	2	5,9
<i>Corvus corax</i>	1	2,9	<i>Emberiza citrinella</i>	1	2,9
<i>Sylvia nisoria</i>	2	5,9	Плотность	216,7	
<i>Sylvia atricapilla</i>	3	8,8	Число видов	40	
<i>Sylvia communis</i>	1	2,9	Индекс Шеннона	1,68	
<i>Sylvia curruca</i>	1	2,9	Индекс Пиелу	0,46	
<i>Phylloscopus collybita</i>	3	8,8	Индекс Симпсона	0,03	
<i>Ficedula albicollis</i>	1	2,9			

Примечание. * – КП – количество учтенных пар; ** – условных пар.

В репродуктивный период 2022 года в секторе «Бычок – Красногорка» отсутствовали доминирующие виды птиц. Наиболее многочисленны: полевой воробей (*Passer montanus*), жулан (*Lanius collurio*), большая синица (*Parus major*), иволга (*Oriolus oriolus*), золотистая щурка (*Merops apiaster*), славка-черноголовка (*Sylvia atricapilla*), теньковка (*Phylloscopus collybita*), черный дрозд (*Turdus merula*), зяблик (*Fringilla coelebs*) и щегол (*Carduelis carduelis*). Их суммарное обилие составляло 51,6 % от общей плотности населения птиц.

С обнажениями известняковых пород связано гнездование: обыкновенной пустельги, удода (*Upupa epops*), золотистых щурок, белой трясогузки (*Motacilla alba*), ворона (*Corvus corax*), горихвостки-чернушки (*Phoenicurus ochruros*), каменки (*Oenanthe oenanthe*), полевых воробьев.

«Лесополоса» крымской сосны в верхней части склона почти не была заселена птицами. Там учтена только обыкновенная овсянка.

Среди древесно-кустарниковой растительности пойменного леса внизу склона гнездились вяхири, вертишейки (*Jynx torquilla*), большой пестрый (*Dendrocopos major*) и сирийский (*D. syriacus*) дятлы, иволги

(*Oriolus oriolus*), серые вороны (*Corvus cornix*), славки-черноголовки, славки-завирушки (*Sylvia curruca*), пеночки-теньковки (*Phylloscopus collybita*), зарянки (*Erithacus rubecula*), соловьи (*Luscinia luscinia*), черный и певчий дрозды, большие синицы, зяблики, зеленушки, щеглы и др.

Состав орнитофауны сектора «Бычок – Красногорка» и Пугаченского склона [3] был весьма похож (0,74 по фауне и 49 % по орнитонаселению, СИС – 61,5 %). Это обусловлено существенным экологическим сходством двух территорий. Очень близки были также индексы разнообразия Шеннона, выравненности распределения особей Пиелу и концентрации Симпсона этих секторов. Следует обратить внимание на очень низкие показатели индекса Симпсона и высокие Пиелу, что свидетельствует об уравниловке орнитонаселения участков.

В период миграций и кочевок (в том числе кормовых посещений территории в гнездовой период) на территории сектора «Бычок – Красногорка» были дополнительно зарегистрированы еще 15 видов птиц: большая белая цапля (*Egretta alba*), белый аист (*Ciconia ciconia*), черный коршун (*Milvus migrans*), канюк (*Buteo buteo*), большой улит (*Tringa nebularia*), перевозчик (*Actitis hypoleucos*), сизая чайка (*Larus canus*), кукушка (*Cuculus canorus*), черный стриж (*Apus apus*), седой дятел (*Picus canus*), деревенская ласточка (*Hirundo rustica*), городская ласточка (*Delichon urbica*), лесной конек (*Anthus trivialis*), пеночка-трещотка (*Phylloscopus sibilatrix*), поползень (*Sitta europaea*).

Список редких птиц сектора (включая участок Днестра вдоль склона), занесенных в Красную книгу ПМР [4], насчитывает 6 видов: большая белая цапля, белый аист, лебедь-шипун, черный коршун, обыкновенная горлица и зеленый дятел.

Таким образом, перечень птиц сектора «Бычок – Красногорка» включает 71 вид, относящихся к 13 отрядам и 35 семействам.

Список литературы

1. Ионова, Л. Г. Флора коренного берега Днестра в окрестностях сел Бычок и Красногорка (Приднестровье) / Л. Г. Ионова // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. IX Междунар. научной конф. – Т. 3: Биологические и медицинские науки, экология. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2024. – С. 63–67.
2. Степанян, Л. С. Конспект орнитологической фауны СССР / Л. С. Степанян. – Ленинград – Москва: Наука, 1990. – 728 с. – ISBN 5-02-005300-7.
3. Тищенко, А. А. Орнитофауна Пугаченского склона / А. А. Тищенко, А. А. Аптеков, Д. В. Медведенко, Н. А. Романович // Управление трансграничным бассейном Днестра и евроинтеграция – шаг за шагом: матер. Междунар. конф. – Кишинев: Есо-TIRAS, 2022. – С. 219–223. – ISBN 978-9975-3201-9-1.
4. Красная книга Приднестровской Молдавской Республики: монография / Министерство с/х и природных ресурсов ПМР; сост.: О. С. Безман-Мосейко [и др.]. – 2-е изд. – Тирасполь – Бендеры: Полиграфист, 2020. – 560 с.

НАСЕКОМЫЕ-ФИЛЛОФАГИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) В ЦЕНТРАЛЬНОМ ДОНБАССЕ

Шкиренко А.О., ORCID 0009-0007-7469-784X,
Прокопенко Е.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-1859-3241,
Корниенко В.О., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-7728-8116
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
alyona.shkirenko@mail.ru, helen_procop@mail.ru, kornienkovo@mail.ru

Насекомые-филлофаги оказывают комплексное негативное воздействие на древесные растения. Их питание живыми тканями листьев приводит к нарушению физиологических процессов, снижению фотосинтетической активности и массовой дефолиации, что вызывает потерю жизнеспособности и может привести к гибели растений [1–3, 5–7].

На территории Донбасса встречается разнообразный комплекс насекомых-вредителей дуба [1, 2, 5, 7], среди которых особое значение имеют виды, наносящие ущерб, как лесным насаждениям вне городов, так и городским зеленым зонам и паркам [7].

Особую опасность представляют филлофаги, поскольку их массовые вспышки способны наносить значительный ущерб древесным насаждениям, приводить к потере декоративности и повышению уязвимости деревьев для патогенов.

Таким образом, в условиях современной урбанизированной среды, где зеленые зоны фрагментированы автодорогами и застройкой, где на древесную растительность воздействует комплекс антропогенных загрязнителей, важно проводить мониторинг насекомых-вредителей для прогнозирования очагов их размножения и распространения.

Это будет способствовать сохранению экологического равновесия, повышению устойчивости городских зеленых зон и древесных насаждений в сельской местности, а также минимизации экологических последствий вредоносной деятельности насекомых [1–5].

Целью работы было выявление основных видов вредителей, повреждающих листву *Quercus robur* L. в Центральном Донбассе.

Исследования проводили в период с 2024 по 2025 гг. на территориях

- г. Донецка (№ 1),
- г. Енакиево (№ 2),
- г. Горловки (№ 3),
- г. Тореза (№ 4),
- в населенных пунктах Волновахского (№ 5) и
- Амвросиевского районов (№ 6).

При анализе листьев *Q. robur* отмечены такие повреждения как: минирование и скелетирование листовых пластин, образование галлов, а также хлороз, возникающий при высасывании клеточного сока вредителем.

Мины и галлы отмечены на всех исследуемых территориях (№ 1–6). Среди минующих филофагов выявлены:

- дубовая одноцветная моль *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795),
- дубовая широкоминирующая моль *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798) и
- моль-пестрянка дуболистная *Phyllonorycter quercifoliella* (Zeller, 1839).

T. ekebladella и *A. brongniardella* образуют пленчатые мины на верхней стороне листа, а *P. quercifoliella* формирует мины на его нижней стороне.

T. ekebladella и *P. quercifoliella* зафиксированы на всех исследуемых участках. *A. brongniardella* – только в Ленинском районе г. Донецка.

При скелетировании листьев насекомые выедают паренхиму, оставляя нетронутыми жилки. Скелетирование листьев дуба вызывают

- пилильщик слизистый дубовый *Caliroa cinxia* (Klug, 1816) и
- лунка серебристая *Phalera bucephala* (Linnaeus, 1758).

Эти вредители были отмечены единично на двух исследованных территориях (№ 1 – *C. cinxia*, № 5 – *P. bucephala*).

Мины и скелетирование листьев приводят к деформации листа, уменьшению его фотосинтетической поверхности из-за уничтожения мезофилла, снижению фотосинтетической активности [1, 3].

В числе насекомых-галлообразователей отмечены обыкновенная дубовая орехотворка *Cynips quercusfolii* (Linnaeus, 1758) (все исследуемые территории) и орехотворка виноградообразная *Neuroterus quercusbaccarum* (единичная находка на территории № 1). Основной вред растениям наносят личинки галлообразователей, развитие которых внутри растительных тканей стимулирует образование галлов. Массовое поражение приводит к нарушению физиологических процессов (фотосинтеза, транспирации), дефолиации и значительному ослаблению жизнеспособности растения-хозяина [6].

Одним из наиболее опасных вредителей, наносящих значительный ущерб дубовым насаждениям, считается дубовая кружевница *Corythucha arcuata* (Say, 1832). Личинки и имаго держатся на нижней стороне листа, питаясь клеточным соком. Это приводит к развитию хлороза, нарушаются процессы ассимиляции, наступает снижение фотосинтетической активности и часто – дефолиация. *C. arcuata* выявлена только на территориях № 5 и № 6.

Таким образом, на исследованных территориях в насаждениях дуба черешчатого выявлено 8 видов насекомых-филофагов: 3 вида минеров, 2 вида, скелетирующих листья, 2 вида галлообразователей и 1 вид,

питающийся соком растения и вызывающий хлороз листьев. Кроме того, некоторые из выявленных видов (*T. ekebladella*, *P. quercifoliella*, *C. cinxia*, *P. bucephala* и *C. arcuata*) внесены в список объектов государственного лесопатологического мониторинга Донецкой Народной Республики [7].

Распространение и динамика численности этих видов требуют систематического изучения для своевременного выявления массовых очагов размножения.

Проведение комплексных исследований позволит рационально использовать имеющиеся ресурсы для защиты зеленых насаждений и сохранения биоразнообразия.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (номер госрегистрации 124051400023-4).

Список литературы

1. Корниенко, В. О. Состояние деревьев *Quercus robur* L., произрастающих в различных экотопах города Донецка / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 3. – С. 31–38. – DOI 10.55355/snv2024133105. – EDN CRFRCR.
2. Комплексная оценка состояния дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в урбоценозах Центрального Донбасса / А. О. Шкиренко, Е. В. Прокопенко, В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 63–73. – DOI 10.55355/snv2025141109. – EDN VGOAYS.
3. Современное экологическое состояние Великоанадольского леса в связи с военными действиями / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. А. Чибилев [и др.] // Вопросы степеведения. – 2025. – № 2. – С. 79–90. – DOI 10.24412/2712-8628-2025-2-79-90. – EDN PZWEEW.
4. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. С. Яицкий, А. О. Шкиренко // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 4. – С. 26–32. – DOI 10.55355/snv2024134104. – EDN BXIKNX.
5. Прокопенко, Е. В. Одноцветная дубовая моль *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) (Lepidoptera, Tischeriidae) в древесных насаждениях г. Донецка / Е. В. Прокопенко, А. А. Джантимирова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 65–69. – DOI 10.5281/zenodo.15010655. – EDN SYELHN.
6. Соболева, В. А. Локальные проявления высокой численности галлов *Neuroterus quercusbaccarum* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Cynipidae) в Воронеже и его окрестностях весной 2024 года / В. А. Соболева, В. Б. Голуб // Полевой журнал биолога. – 2024. – № 6 (3). – С. 247–254. – DOI 10.52575/2712-9047-2024-6-3-247-254
7. Мартынов, В. В. Основные объекты государственного лесопатологического мониторинга в Донецкой Народной Республике / В. В. Мартынов, Т. В. Никулина, А. В. Шебалков, А. И. Губин, И. В. Бондаренко-Борисова // Промышленная ботаника. – 2021. – Вып. 21, № 4. – С. 96–111.

ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ (ACARI: ORIBATEI) ШЛАКОТВАЛОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ ДОНБАССА

Штирц А.Д., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-2617-2056

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

a.d.shtirts@mail.ru

Среди техногенных объектов особое место занимают шлакотвалы металлургических заводов. Основными материалами, формирующими шлаковый отвал, являются собственно металлургический шлак и отработанные формовочные пески. Влияние шлакоотвалов металлургических предприятий на окружающую среду существенно и по направлениям негативного влияния неодинаково. Наибольшие проблемы возникают в результате сдувания тонкодисперсной пыли с поверхности и откосов отвалов. Вторым по значению фактором является негативное воздействие отвалов на поверхностные и подземные воды. Через тело шлакового отвала постоянно идет инфильтрация атмосферных осадков с выходом минерализованного фильтрата на дневную поверхность, а также его проникновение в подземные воды через ложе отвала. Компенсация третьего негативного фактора – изъятие значительного количества земель – может быть достигнута за счет утилизации накопленной в отвалах шлаковой массы и извлечения из них других ценных компонентов [1].

Целью работы являлся анализ видового состава и экологической структуры сообществ панцирных клещей шлакоотвалов металлургических заводов Донбасса.

Исследования по фауне и динамике численности орибатид и других почвенных беспозвоночных животных на шлаковых отвалах металлургических заводов Донбасса впервые были начаты в 1984–1985 гг. Н. Н. Ярошенко. В его монографии [2] по почвенным зооценозам промышленных экосистем Донбасса один из разделов посвящен биоразнообразию зооценозов промышленных экосистем металлургических заводов Донбасса. Обследованы шлакоотвалы Краматорского металлургического завода (обнаружено 18 видов орибатид; доминировали 5 видов: *Epilohmannia cylindrica*, *Tectocepheus velatus*, *Microppia minus*, *Passalozetes intermedius*, *Euphthiracarus cribrarius*, часто встречался 1 и редко 12 видов; средняя плотность населения панцирных клещей составляла 1 700 экз./м², в различные сезоны года она варьировала от 40 до 10 200 экз./м²); Мариупольского металлургического завода им. Ильича (обнаружено 16 видов орибатид; доминировали 4 вида: *Epilohmannia styriaca*, *M. minus*, *Ceratozetes bulanovae*, *Protoribates glaber*, часто встречались 5 и редко 7 видов; средняя плотность населения панцирных

клещей – 680 экз./м², в различные периоды года она варьировала от 40 до 2 300 экз./м²); Донецкого металлургического завода (обнаружено 8 видов панцирных клещей, доминировали 4 вида: *T. velatus*, *M. minus*, *P. intermedius*, *Zygoribatula terricola*; средняя плотность населения – 220 экз./м², варьировала от 40 до 800 экз./м²); Коммунарского металлургического завода (обнаружено 4 вида орибатид; доминировал вид *P. intermedius*; средняя плотность населения – 5 000 экз./м², варьировала в различные сезоны года от 320 до 19 160 экз./м²). Отмечено, что характерной чертой исследуемых техногенных биотопов является обедненность видового состава орибатид, преобладание эврибионтных видов, с высокой численностью доминирующих видов. Максимальная численность клещей зарегистрирована у основания шлакоотвалов. Исследования были продолжены в 2005 г. [3] на шлакоотвале Енакиевского металлургического завода (определено 16 видов панцирных клещей; доминировали 5 видов: *Epilohmannia inexpectata*, *T. velatus*, *Micropopia minutissima*, *M. minus*, *Scheloribates laevigatus*, часто встречались 2 и редко – 9 видов; средняя плотность населения составляла 3 200 экз./м²). Отмечено, что панцирные клещи являются пионерной группой, одной из первых заселяющих различные отработанные промышленные экотопы, принимая активное участие в почвообразовательном процессе антропогенно нарушенных земель.

Нами были проведены исследования на старом шлакоотвале Донецкого металлургического завода (ДМЗ), расположенном в Ленинском районе на южной окраине г. Донецка. Шлаковые отвалы ДМЗ предназначались для складирования неутилизованных промышленных отходов металлургического производства. Начало формирования отвалов относится к 50-м годам прошлого века, они занимают площадь около 50 га. Отвал представляет собой кольцевидную насыпь, высотой около 20 м. Внутренний склон отвала пологий, а наружный – более крутой (до 30–45°) (рис.).

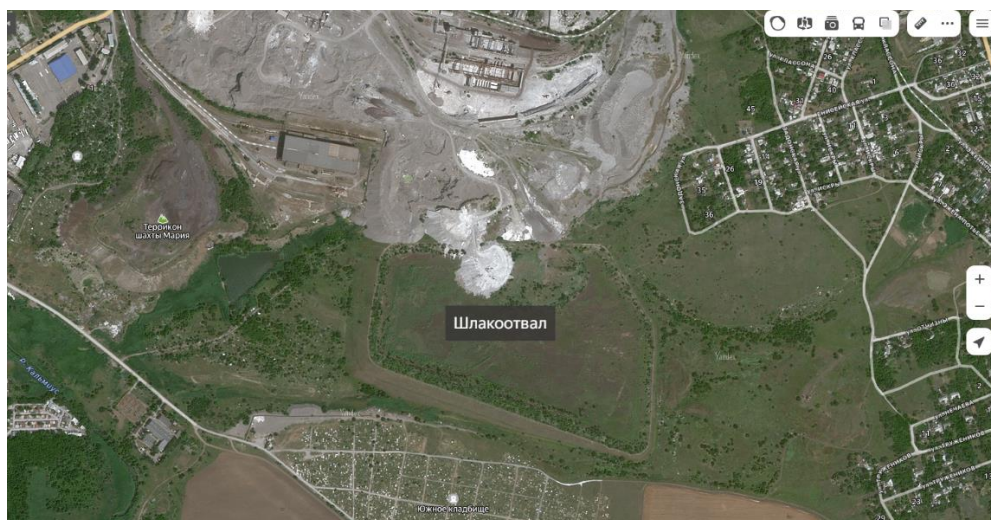


Рис. Шлакоотвал Донецкого металлургического завода (Яндекс Карты)

В ходе работы изучены видовой состав и экологическая структура населения панцирных клещей. В весенний период было собрано и обработано 70 стандартных проб объемом 250 см^3 , из которых извлечено 187 экз. имаго орибатид, относящихся к 24 видам. Максимальные значения средней плотности населения орибатид отмечены на вершине и внешнем склоне отвала – 3 370 и 3 830 экз./м² соответственно. Минимальные значения зарегистрированы у подножия и на внутреннем склоне (110 и 690 экз./м²), где условия для жизнедеятельности орибатид крайне неблагоприятны. В целом на отвале доминировали 2 вида: *Punctoribates minimus* (26 %) и *T. velatus* (14 %), к часто встречаемым (субдоминантам) отнесены 4 вида, к редким (рецендентам и субрецендентам) – 18 видов. Преобладали представители вторично неспециализированных форм, более приспособленные к экстремальным условиям.

В осенний период на шлакоотвале ДМЗ было обнаружено 20 видов орибатид, средняя плотность населения составила 3 850 экз./м². Минимум численности также отмечен у подножия – 510 экз./м² и на внутреннем склоне – 1540 экз./м², максимальные значения зафиксированы у подножия внешнего склона отвала – 9 490 экз./м². В этот период доминировали 3 вида: *T. velatus* (35 %), *P. minimus* (20 %), *S. laevigatus* (14 %), часто встречались 2 и редко – 15 видов орибатид. Доминировали вторично неспециализированные формы, доля которых осенью увеличилась.

Со временем, в ходе естественных сукцессионных процессов, на шлакоотвале формируется комплекс панцирных клещей, приспособленный к существованию в экстремальных условиях. Такие сообщества орибатид характеризуются небольшим видовым богатством и экологическим разнообразием, невысокими показателями средней плотности населения, наличием определенного комплекса доминирующих видов, в основном относящихся к вторично неспециализированным жизненным формам.

Список литературы

1. Корнилков, С. В. Об особенностях шлаковых отвалов черной металлургии как объектов переработки и рекультивации / С. В. Корнилков, А. Д. Стариков, В. Л. Беляев, Е. С. Рухлов // Известия УГГУ. – 2005. – № 21. – С. 146–150.
2. Ярошенко, Н. Н. Почвенные зооценозы промышленных экосистем Донбасса / Н. Н. Ярошенко. – Донецк: ДонГУ, 1999. – 294 с.
3. Ярошенко, Н. Н. Панцирные клещи промышленного отвала металлургического завода города Енакиево Донецкой области / Н. Н. Ярошенко, С. С. Кравцов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сборник научных работ / Отв. ред. С. В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2005. – Вып. 5. – С. 128–133.

Физиология растений и грибов, микробиология, биотехнология

УДК 577.11

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ СЕМЯН СОСНЫ СИБИРСКОЙ КЕДРОВОЙ

Воронин И.А., канд. техн. наук, ORCID 0000-0002-5364-4358,
Иванов В.А., канд. техн. наук, ORCID 0000-0001-6859-3971,
Лис Е.В., канд. хим. наук, ORCID 0000-0002-2686-1891,
Шимова Ю.С., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0002-3184-0833,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, РФ
yuliya_shimova@mail.ru

Среди множества древесных растений, произрастающих в России, сосна сибирская кедровая благодаря сочетанию высококачественных свойств древесины, разнообразия биологически активных веществ древесной зелени и уникальности состава семян, занимает особое положение. По оценкам специалистов, средний ежегодный биологический урожай кедровых орехов с территории Сибири и Дальнего Востока составляет порядка 1 млн. т, в наиболее урожайные годы достигает 1,6 млн. т. Более 90 % этих ресурсов сосредоточено в Западной и Восточной Сибири.

Анализ данных по заготовке и промышленной переработке орехов свидетельствует, что фактическое использование их природных ресурсов отечественными предприятиями в настоящее время составляет около 30 %. Эффективность переработки и комплексного использования кедровых орехов сдерживает недостаточный объем информации. Несмотря на то, что изучению химического состава семян *Pinus sibirica* посвящено много работ [1–4], в основном исследования были направлены на изучение липидов семян, так как основным продуктом, получаемым из семян, является кедровое масло. Сведения о химическом составе семян – кедровых орехов носят фрагментный характер [3], что затрудняет разработку технологии их комплексной переработки.

Цель – изучить состав, содержание белков и аминокислот ядер семян сосны сибирской

В результате проведенных исследований было определено общее содержание белковых веществ в ядрах семян сосны сибирской кедровой. Оно составляет до 20 %. Групповой состав белков ядер семян сосны сибирской кедровой представлен в таблице 1.

Как видно из представленных данных, отмечается высокое содержание наиболее легко усвояемых белков, таких как альбумины –

48,43 % и глобулины – 48 % от общего количества содержащихся в ядре белков.

Табл. 1

Групповой состав белков ядер семян сосны сибирской кедровой,
% к сумме белковых веществ

Наименование	Содержание
Альбумины	48,43
Глобулины	48,00
Проламины	0,35
Глютелины I	1,71
Глютелины II	0,18
Не экстрагируемый белок	1,33

Как видно из представленных данных, отмечается высокое содержание наиболее легко усвояемых белков, таких как альбумины – 48,43 % и глобулины – 48 % от общего количества содержащихся в ядре белков.

В таблице 2 представлен аминокислотный состав белков ядер семян сосны сибирской кедровой.

Табл. 2

Аминокислотный состав белков ядер сосны сибирской кедровой,
% к сумме аминокислот

Наименование	Альбумины	Проламины	Глобулины	Глютелины
Аспарагиновая кислота	2,40	10,26	2,32	9,75
Треонин	3,86	4,08	2,85	3,58
Серин	3,78	7,80	4,49	6,43
Глютаминовая кислота	14,89	21,19	17,68	23,12
Пролин	5,47	6,19	6,20	4,76
Глицин	5,43	8,82	6,37	6,63
Аланин	7,67	6,60	7,09	6,63
Валин	6,1	4,54	4,30	3,49
Цистеин	0,03	Следы	0,17	0,14
Метионин	1,63	0,47	1,06	0,45
Изолейцин	4,63	3,49	3,13	2,77
Тирозин	5,30	0,94	4,12	2,54
Фенилаланин	6,37	3,74	5,42	4,31
Лейцин	9,55	7,14	8,65	7,58
Лизин	7,73	1,89	1,82	2,05
Гистидин	4,15	4,58	2,62	2,29
Аргинин	11,03	8,27	20,98	13,66

Как видно из представленных данных, более 60 % аминокислот, обнаруженных в семенах, относятся к незаменимым, что указывает на их

высокую биологическую ценность. Белки отличаются повышенным содержанием валина, лейцина, фенилаланина и лизина. Среди идентифицированных аминокислот количественно преобладает аргинин, причем его доля в глобулинах достигает 20,98 %. Глутаминовая кислота является самой распространенной аминокислотой и ее количество составляет в глютелиновой фракции – 23,12%. Высокое количество этой аминокислоты наблюдается и в других фракциях белка. По содержанию триптофана, лизина, метионина, гистидина, цистина и цистеина, аргинина белки семян сосны сибирской кедровой превосходят белки казеина молока и мышечной массы крупного рогатого скота, а по количеству валина и тирозина равноценны им.

Мировая проблема дефицита пищевого белка заставляет ученых искать новые источники пищевого белка на планете. Уже сейчас примерно половина мирового населения страдает от дефицита белка, что оказывает негативное влияние на здоровье и умственное развитие.

Пищевая ценность белков характеризуется содержанием в них незаменимых аминокислот, их сбалансированностью и степенью усвоения организмом. Белки ядер семян сосны сибирской по содержанию фенилаланина, тирозина, гистидина, аргинина и триптофана не уступают белкам основных зерновых и масличных культур, а по содержанию отдельных аминокислот (цистина и триптофана) – приближаются к белкам молочных продуктов, превосходя их по содержанию аргинина.

Аминокислоты ядер семян сосны сибирской благодаря специфическому составу не только обеспечивают структурно-пластическую и регуляторную функцию белков, но и участвуют в профилактике некоторых метаболических нарушений в организме человека.

Полученные результаты позволяют рекомендовать ядра семян сосны сибирской кедровой в качестве одного из путей решения проблемы дефицита белка.

Список литературы

1. Егорова, Е. Ю. Научно-практические аспекты производства, экспертизы и применения масла кедрового ореха. / Е.Ю. Егорова// монография. – Бийск: АлтГТУ, 2011. – 345 с.
2. Руш, В. А. Макро- и микроэлементы кедровых орехов / В.А. Руш, В.В. Лизунова // Вопросы питания. – 1969. – Т. 28, № 2. – С. 52-55.
3. Егорова, Е. Ю. Пищевая ценность кедровых орехов Дальнего Востока / Е.Ю. Егорова, В.М. Позняковский // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 4. – С. 21-24.
4. Хантургаев, А.Г. Получение кедрового масла из семян сосны сибирской экстракцией этиловым спиртом / А.Г. Хантургаев, Б.В. Бадмацыренов, В.Г. Ширеторова, Г.И. Хантургаева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 1. – С. 34-37.

ИНТЕГРАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЮ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПИЩЕВОМ СЕКТОРЕ РЕГИОНА

Двойнова Н.Ф., канд. с.-х. наук, доц., ORCID 0000-0002-8682-4021,

Дудник Е.Ю., канд. пед. наук, доц., ORCID 0009-0008-9804-6598

ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», г. Южно-Сахалинск, РФ

dnfsach@yandex.ru, snopa2000@mail.ru

Загрязнение поверхностных вод сточными водами от пищевых предприятий является актуальной проблемой, существенно влияющей на экологическое благополучие регионов, в том числе Сахалинской области. Особенно значимой становится данная проблема ввиду статуса большинства местных водоемов как рыбохозяйственных объектов, чувствительных к антропогенному воздействию.

Цель исследования – разработка научно обоснованных предложений по совершенствованию системы очистки сточных вод пищевого предприятия с целью повышения экологической безопасности региона и предотвращения дальнейшего загрязнения водных ресурсов.

Заводские сточные воды производства напитков в г. Корсаков Сахалинской области создают угрозу экологической безопасности, особенно учитывая статус окружающих рыбоохранных водоемов. Значительный сброс неочищенных стоков в р. Безымянный, сопровождающийся многократным превышением установленных норм по нитритам и аммонии. Повышенные уровни БПК₅ (биологическое потребление кислорода) свидетельствуют о критической необходимости разработки и реализации эффективного комплекса мероприятий по модернизации очистных сооружений. Для эффективной очистки нитритов, БПК₅ и азота аммонийного рекомендовано внедрение глубокой двухступенчатой системы биологической очистки, включающей использование свободно плавающего активного ила и технологии закрепленной биопленки. Эта технология обеспечивает многоуровневую обработку стоков, обеспечивая высокий процент удаления примесей и надежную защиту окружающей среды [2]. Свободно плавающий активный ил представляет собой микроорганизмы, образующие колонии в толще очищаемых вод. Эти организмы активно поглощают растворённые органические соединения, включая азот аммонийный и нитриты, преобразуя их в безвредные продукты распада. Применение данной технологии способствует эффективному удалению органических веществ и стабилизации процессов самоочистки природных водных объектов.

Биопленка формируется фиксацией микроорганизмов на специальных поверхностях, увеличивая их контакт с водой и ускоряя процесс переработки загрязнений [1, 3]. Дополнительные этапы фильтрации и обеззараживания ультрафиолетом повышают эффективность очистки до 98 % и обеспечивают соблюдение санитарных норм (рис. 1–3).

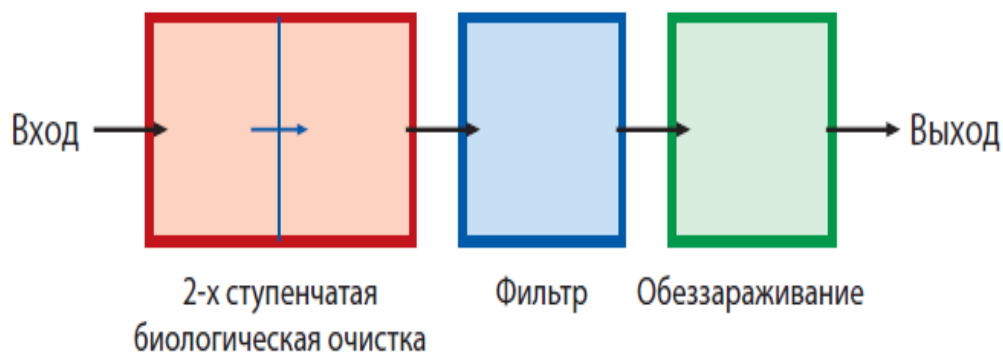


Рис. 1. Схема технологии очистного сооружения

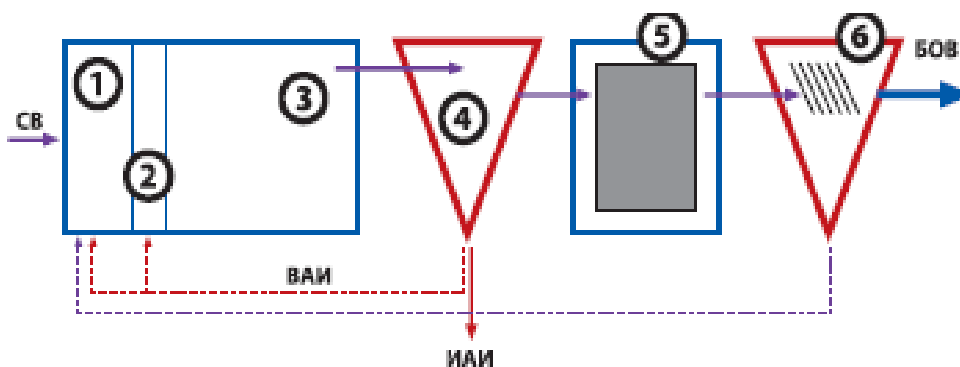


Рис. 2. Принципиальная схема блока биологической очистки
СВ – сточная вода, ВАО – возвратный активный ил, ИАО – избыточный активный ил, БОВ – биологически очищенная вода; 1 – усреднитель, 2 – денитрификатор, 3 – нитрификатор, 4 – вторичный отстойник, 5 – биореактор с загрузкой, 6 – третичный отстойник с тонкостенными модулями

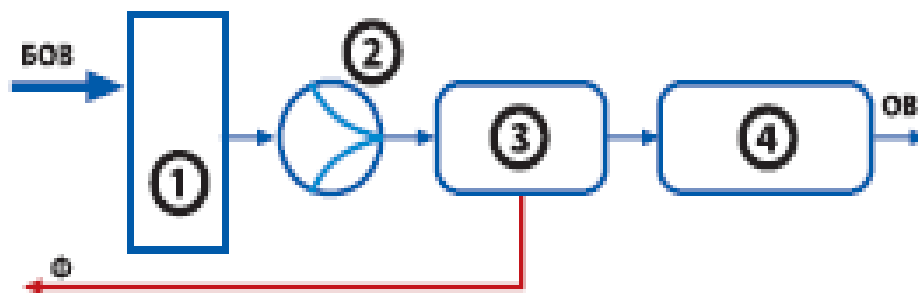


Рис. 3. Принципиальная схема блока доочистки и обеззараживания
БОВ – биологически очищенная вода, ОВ – очищенная вода; 1 – накопительная емкость, 2 – центробежный насос, 3 – автоматический фильтр, 4 – оборудование УФ-обеззараживания

Из данных таблицы видно, что после установки очистного сооружения, превышения по нитратам, азоту аммонийному, БПК₅ отсутствуют.

Таблица

Состав сточных вод завода до и после внедрения очистных сооружений [4]

Показатели	НДС, т/г	Сброс, т/г		
		до внедрения		после внедрения
		2023 г.	2024 г.	2025 г.
Взвешенные вещества	1,042	0,08	0,187	0,008
Сухой остаток	9,32	5,26	4,1	1,3
Нитраты	0,429	0,34	0,245	0,14
Нитриты	0,0028	0,023	0,053	0,001
Азот аммонийный	0,014	0,03	0,016	0,004
Фосфаты	0,005	0,001	0,001	0,0005
Хлориды	1,79	1,15	0,673	0,07
Сульфаты	0,51	0,46	0,46	0,09
БПК ₅	0,105	1,19	0,53	0,009
СПАВ	0,002	0,0024	0,0026	0,0001
Нефтепродукты	0,0005	0,001	0,0002	0,000005

Проведенное исследование позволило выявить ключевые факторы, определяющие проблему загрязнения р. Безымянный сточными водами пищевого предприятия. Внедрена двухступенчатая биологическая очистка сбросов с использованием свободного активного ила и технологии закрепленных биопленок, подтверждающая эффективность удаления из сбросов нитратов, азота аммонийного, БПК₅.

Список литературы

1. Андреева М.А., Борисова Е.О., Николаев А.К. Улучшение качества очистки сточных вод на малых предприятиях пищевой промышленности // Проблемы региональной экологии. – 2022. – № 6. – С. 84–91. EDN PRE_2022_6_84. DOI 10.30724/pre.2022.6.84.
2. Курилкин А.М., Жигулёва А.П., Фролова Т.Б. Эффективные методы биологической очистки городских сточных вод // Вода: химия и экология. – 2023. – № 10. – С. 12–18. EDN VHIMZHB_2023_10_12. – DOI 10.15622/vche_2023_10_12.
3. Мельников А.В., Макаров Ю.Г., Коваленко А.С. Современные тенденции в обработке и утилизации сточных вод крупных городов // Вестник Томского государственного университета. Инженерия и технологии. – 2023. – № 3. – С. 34–43. EDN TMGUIT_2023_3_34. – DOI 10.17223/2687013X/3/3.
4. Программа ведения регулярных наблюдений за водным объектом и его водоохраной зоной, участок р. Безымянный. – 2025. – 5 с.

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ ГРИБОВ *PHLEBIOPSIS GIGANTEA* И *HETEROBASIDION ANNOSUM* НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И РОСТ ПРОРОСТКОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Демченко С.И., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0002-4868-5988

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

sdemch5@mail.ru

К наиболее опасным и вредоносным возбудителям корневых и комлевых гнилей хвойных растений относят грибы комплекса *Heterobasidion annosum sensu lato* (корневая губка) [2]. Этот комплекс состоит из пяти видов грибов, различающихся по морфологическим, генетическим и экологическим признакам, а также географическому распространению. В Донецкой Народной Республике встречается вид *H. annosum*, который наибольший вред наносит насаждениям *Pinus sylvestris* L. Существует несколько способов борьбы с корневой губкой [1]. Наиболее эффективным и экологичным является использование биофунгицидов [2].

На кафедре физиологии растений ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет» проводятся исследования по разработке экологически безопасных биопрепаратов полифункционального действия против возбудителей корневой гнили сосны обыкновенной. Основу этих биопрепаратов составляют живые культуры грибов, обладающих высокой антагонистической активностью к агрессивным изолятам фитопатогена *H. annosum*. Ранее проведенные исследования позволили отобрать местные штаммы ксилотрофного базидиомицета *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich., которые проявили фунгистатический алиментарный (односторонний) антагонизм в отношении гетеробазидиона. Для успешного использования грибов-антагонистов в биологической борьбе с корневой губкой необходимо проверять фитотоксичность их метаболитов на защищаемый объект [2].

Цель представленной работы – изучить влияние экзометаболитов штамма *Ph. gigantea* Р-1-96 на прорастание семян и рост проростков *P. sylvestris*. Одновременно для сравнения проверяли фитотоксичность культурального фильтрата патогенного изолята *H. annosum* НА-4-96.

Результаты исследований показали, что культуральные фильтраты (КФ) изолята *H. annosum* НА-4-96 достоверно ингибировали прорастание семян *P. sylvestris* в 1,5–1,7 раза относительно контроля. При этом самые низкие показатели всхожести семян обнаружены при их замачивании в некипяченых КФ гриба-патогена. Кипячение КФ лишь частично устраняло токсическое действие экзометаболитов *H. annosum*. Продолжительность

культивирования *H. annosum* достоверно не влияла на фитотоксичность его продуктов жизнедеятельности.

Всхожесть семян сосны обыкновенной при их замачивании в 10-30-суточных КФ *Ph. gigantea* Р-1-96 достоверно не отличалась от контроля. Однако исследованные концентрации экзометаболитов флериопсиса гигантского по-разному влияли на линейный рост проростков *P. sylvestris*. Так, 15-суточные КФ гриба-антагониста в концентрациях 15 и 30 % не оказывали достоверного влияния на ростовые процессы проростков сосны. В то время как КФ *Ph. gigantea* в концентрации 5 % увеличивал общую длину проростков относительно контроля в 1,2 раза. Более чувствительными к действию 5 %-ного КФ *Ph. gigantea* были стебли проростков *P. sylvestris*, длина которых по сравнению с контролем увеличивалась в 1,4 раза.

Экзометаболиты исследованного изолята *H. annosum*, в отличие от гриба *Ph. gigantea*, ингибировали рост проростков *P. sylvestris*. По мере увеличения концентрации КФ гриба-патогена в питательной среде токсическое их действие на проростки сосны обыкновенной усиливалось. При этом экзометаболиты корневой губки в большей степени угнетали рост корня, чем стебля проростков. Длина корня относительно контроля уменьшилась в 1,4-2,5 раза, длина стебля – в 1,1-1,4 раза. Все исследованные концентрации КФ изолята *H. annosum* не оказывали достоверного влияния на интенсивность роста хвоинок.

Согласно литературным данным [2], к важным факторам в патогенезе корневой губки относятся ферментные системы, активно разлагающие биополимеры древесины, а также низкомолекулярные соединения. Например, было установлено, что вторичные метаболиты *H. annosum* – фоманноксин и фоманнозин обладают фитотоксичной активностью.

Таким образом, экзометаболиты штамма *Ph. gigantea* Р-1-96, в отличие от *H. annosum*, не являются фитотоксичными в отношении *P. sylvestris*. Не исключено, что в процессе жизнедеятельности гриб *Ph. gigantea* выделяет биологически активные вещества, оказывающие стимулирующее воздействие на рост проростков сосны обыкновенной.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Лыков И.В. Обзор современного состояния и эффективности мероприятий по защите сосновых насаждений от корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) / И.В. Лыков, П.А. Максимчук // Лесотехнический журнал. – 2021. – № 3. – С. 63–73.
2. Негруцкий С.Ф. Корневая губка / С.Ф. Негруцкий. – М.: Агропромиздат, 1986. – 196 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕЭКСТРАКЦИОННОГО СВЕКОЛЬНОГО ЖОМА В ПОЛУЧЕНИИ ПИЩЕВЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

Еременко О.Н., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0001-6294-7791,

Кох Ж.А., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0003-4016-7596,

Потапенко С.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева Российская Федерация, г. Красноярск, РФ
oks.eriomenko@yandex.ru, jannetta-83@mail.ru, sonyapotapenko@yandex.ru

Высшие базидиальные грибы привлекают внимание не только как агенты процессов биодеструкции растительных отходов, но и как продуценты уникального комплекса биологически активных веществ. Мицелий и плодовые тела многих представителей базидиомицетов характеризуются высокой питательной ценностью, отличными вкусовыми и разнообразными лекарственными свойствами. В состав грибной биомассы входят витамины и гликозиды, используемые для производства противоопухолевых, гепатопротекторных, иммуномодулирующих и антиоксидантных препаратов [1, 2]. Способность ксилотрофных базидиомицетов эффективно разрушать лигноцеллюлозные субстраты (отходы агро- и лесопромышленного комплексов, пищевой и фармацевтической промышленности) открывает широкие возможности использования их биотехнологического потенциала для переработки и утилизации разнообразных растительных отходов с получением целевых продуктов в виде биомассы грибов или их метаболитов. В последние десятилетия внимание исследователей привлекли высшие базидиальные грибы, в частности представители рода *Pleurotus*, как перспективные продуценты для биотехнологического производства белковых препаратов и комплекса соединений с высокой физиологической активностью. Одним из самых востребованных видов грибов в пищевой промышленности является *Pleurotus eryngii*. Этот гриб имеет длительный срок хранения и широко культивируется [2]. В сыром виде он почти не имеет вкуса и аромата. При приготовлении он приобретает насыщенный вкус и мясистую текстуру. Его часто используют в качестве заменителя мяса во многих веганских рецептах. Одним из важнейших этапов успешного введения штаммов и видов съедобных грибов в промышленную культуру является получение штаммов, отличающихся не только высокой скоростью мицелиального роста, но и активной плодообразующей способностью и урожайностью на отечественном растительном сырье.

Цель исследования – провести процесс культивирования базидиального гриба *Pleurotus eryngii* на растительном субстрате, состоящем полностью из послеэкстракционного свекольного остатка.

Pleurotus eryngii активно используется в биоконверсии благодаря своим ферментам, которые позволяют разлагать сложные органические вещества, содержащиеся в отходах деревоперерабатывающей и сельскохозяйственной промышленности. Промышленное культивирование вешенки королевской с использованием растительных отходов, как питательного субстрата, является перспективным направлением, способствующим как экономическому развитию, так и экологической устойчивости. После посева мицелия в субстрат (послеэкстракционный свекольный жмых) начался процесс колонизации. На третий день появились тонкие беловатые нити – гифы мицелия. Они образовались в местах контакта посевного материала с субстратом. Сначала мицелий выглядел как ватный налёт на поверхности субстрата. Диаметр колонии на седьмые сутки составила $d=20$ мм. На 14-й день мицелий распространился более активно, образуя густую, белую, волокнистую паутину по поверхности и внутри субстрата. Диаметр колонии на 14-е сутки составил $d=40$ мм.

Результат культивирования гриба *Pleurotus eryngii* на послеэкстракционном свекольном субстрате представлен на рисунке.

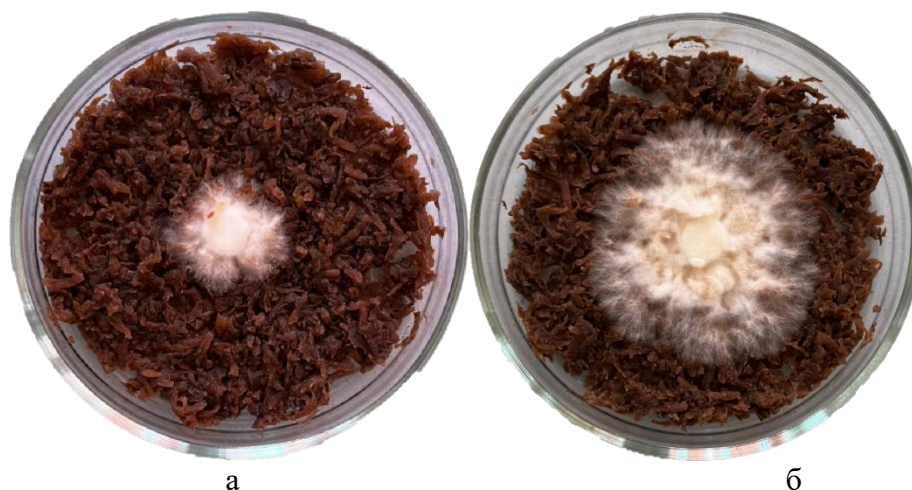


Рис. Результаты культивирования *Pleurotus eryngii* на послеэкстракционном свекольном субстрате:

а – рост мицелия на 7-е сутки после посева, б – рост мицелия на 14-е сутки

Структура мицелия становится плотнее и приобретает вид белого войлочного покрывала. Мицелий имеет небольшие бежевые зоны, которые также могут быть связаны с цветом и красящей способностью субстрата. Поверхность становится более гладкой, корковой в зоне посевного блока, а по краям выраженные нити гифов. Отсутствуют пятна зелёного, чёрного, оранжевого или ярко-жёлтого цвета, которые могут быть признаками конкурирующих плесеней. Присутствует слабый грибной запах. Согласно классификации А.С. Бухало [3] по скорости роста (РК – ростовой коэффициент) мицелиальные колонии базидиальных грибов делят на три группы: I – быстрорастущие $РК > 100$), II – растущие со средней скоростью

(РК = 50–100), III – медленно растущие (РК < 50). Ростовой коэффициент исследуемого образца гриба составил 17,4. Поэтому он относится к группе медленно растущих мицелиальных колоний. Для достижения полностью безотходного процесса, отработанный растительный субстрат после культивирования гриба *Pleurotus eryngii* можно отправить на получение биоудобрения. Одним из важных, эффективных и перспективных направлений использования отработанного субстрата вешенки является производство органического удобрения. Производство органического удобрения из отработанного субстрата вешенки является перспективным направлением использования и переработки растительных отходов, которые за счет остаточных питательных веществ и дополнительных процессов ферментации, способны обогащать сельскохозяйственные земли микро- и макроэлементами. Также возможно создание комплексных биоудобрений с добавлением дополнительных минеральных источников и гуматов, что способствует улучшению плодородия почвы [2, 4].

Исходя из положительного результата культивирования бизидиомицета на послеэкстракционном свекольном остатке, можно говорить о перспективности его утилизации в качестве питательного субстрата для пищевых бизидиомицетов, в частности для гриба *Pleurotus eryngii*. Дальнейшие исследования будут посвящены изучению химического состава субстрата до и после процесса культивирования, а также анализу получаемых плодовых тел бизидиомицета. Таким образом, можно сделать вывод о том, что утилизация послеэкстракционного свеколовичного жома, за счет культивирования и получения на его основе гриба *Pleurotus eryngii*, представляет большой интерес, т.к. свекла является доступным и недорогим сырьем на территории России, особенно в регионе Красноярского края, а получение плодовых тел гриба *Pleurotus eryngii* может быть экономически выгодным, что связано с относительно быстрым ростом и низкими затратами на питательный субстрат.

Список литературы

- 1 Яковлев, Д. А. Перспективы использования грибов в кормовых целях / Д. А. Яковлев, Т. Ю Фролова, А. К. Балацкая. // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 3. – С. 190-193.
- 2 Кшникаткин, С. А. Производство органического удобрения в виде гранул из отработанного субстрата вешенки / С. А. Кшникаткин, И. В. Фомин. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 2786–2790.
- 3 Бухало, А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре: учебное пособие / А. С. Бухало. – Киев: Наукова думка, 1988. – 144 с.
- 4 Биотехнологические аспекты утилизации послеэкстракционной биомассы и клеточной культуры *Orthilia secunda* (L.) базидиальными грибами / Ж. А. Кох, Ю. А. Литовка, Р. Х. Эназаров [и др.]. // Химия растительного сырья. – 2020. – № 4. – С. 359-369.

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА ЭКЗО-ПГС НА ОСНОВЕ КУЛЬТУРЫ ГРИБА *LENTINUS EDODES* 480

Загнитко Ю.П., ORCID 0009-0002-7487-0108

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
upzagnitko@mail.ru

Пектиназы используются для экстракции и осветления фруктовых соков, отбеливания хлопка, очистки сточных вод, экстракции растительного масла, ферментации чая и кофе, отбеливания бумаги, производства алкогольных напитков, а также в пищевой промышленности. Чтобы удовлетворить этот высокий спрос, важно производить пектиндеполимеризующие ферменты в больших объёмах с минимальными затратами. Известные способы получения ферментов преследуют цель оптимизации питательной среды для их продуцентов и предусматривают культивирование продуцирующих целевой экзофермент культур грибов или микроорганизмов на питательной среде, содержащей источники углерода, азота, минеральные соли и стимуляторы биосинтеза ферментов, с последующим выделением ферментов. На этих средах образуется комплекс пектолитических ферментов – пектинэстераза, эндополигалактураноаза и экзополигалактураноаза, отличающиеся как по субстратной специфичности, так и по механизму действия.

Известны способы получения ферментов пектолитического действия с максимальным биосинтезом пектиназы плесневыми грибами рода *Aspergillus*. Эта группа ферментов высших базидиальных грибов наиболее слабо исследована [1–3].

Целью данной работы является разработка способа и оптимальных параметров процесса получения ферментного препарата Экзо-ПГС на основе культуры гриба *Lentinus edodes* 480.

Объектом исследования был гриб *L. edodes*, продуцент внеклеточных пектиназ. Активность пектиназ в культуральном фильтрате определяли на 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 сутки культивирования гриба. Активность Экзо-ПГС определяли по ГОСТу Р 55298-2012 [4]. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности.

В ходе исследований показано, что для максимального синтеза ферментов пектолитического действия гриб *L. edodes* 480 необходимо культивировать при температуре 28 °С. При выращивании исследуемой культуры на питательных средах с разными исходными значениями рН достоверно максимальный уровень пектолитической активности гриб показал на среде с исходным значением рН 4,5.

Установлено, что добавление в питательную среду яблочного жома, цитрусового и яблочного пектина в качестве индукторов синтеза экзополигалактуроназы оказывает стимулирующее действие на синтез ферментов Экзо-ПгС грибом *L. edodes* 480, при культивировании на питательной среде с 20 и 30 %-ной концентрацией индукторов увеличивается накопление биомассы мицелия.

Изменение pH культуральной жидкости в процессе культивирования в щелочную сторону позволяет говорить о присутствии пектиназ с нейтральным и щелочным оптимумом pH действия у культуры *L. edodes* 480.

Разработан способ и оптимальные параметры процесса получения концентрированного ферментного препарата экзопектиназ из культуральной жидкости гриба *L. edodes* 480. Для получения ферментного препарата Экзо-ПгС с максимальными показателями данной активности необходимо проводить 80 %-ное насыщение культуральной жидкости гриба *L. edodes* 480 сернокислым аммонием. Выявлено, что ферментный препарат Экзо-ПгС из культуральной жидкости культуры гриба *L. edodes* 480 термостабилен при температуре 35–45 °C.

Установлено, что комплексный ферментный препарат пектиназ культуры гриба *L. edodes* 480 включает кислые и слабощелочные Экзо-ПгС с pH-оптимумом реакционной среды 4,4–5,2 и 7,6–8,0 соответственно.

Гидролитическая способность 1 %-ного раствора ферментного препарата Экзо-ПгС культуры гриба *L. edodes* 480 при гидролизе яблочного пектина в 1,5 раза выше по сравнению с коммерческим препаратом «Пектиназа (полигалактуроназа)» (ООО «Биопрепарат», Россия) такой же концентрации, что позволяет использовать полученный ферментный препарат пектиназ для осветления соков и сокосодержащих продуктов.

Таким образом, можно утверждать о возможности использования культуры гриба *L. edodes* 480 в качестве промышленного продуцента пектолитических ферментов, которые могут быть использованы в переработке отходов плодово-ягодного сырья.

Исследования проводились в рамках государственного задания (№ госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Соколова Е. Н. Разработка биотехнологии получения препарата пектиназ на основе селекционированного штамма *Aspergillus foetidus* 379-К: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 28 с.
2. Бабицкая, В.Г. Биологически активная добавка к пище. / В.Г. Бабицкая, А.Г. Лобанков, Л.В. Пленина // Успехи медицинской микологии, 2015. – 359 с.
3. Гореликова Г.А. Основы современной пищевой биотехнологии. – Кемерово, 2004. – 100 с.
4. ГОСТ Р 55298-2012. Ферментные препараты пищевой промышленности. Методы определения пектолитической активности. – М.: Стандартинформ, – 2014. – 22 с.

УСКОРЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РИСА МЕТОДОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГАПЛОИДИИ

Калинина Н.В., ORCID ID: 0000-0002-2305-4189

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Ростовская обл., РФ
kalinina@mail.ru

Рис является одной из важных продовольственных культур, которая используется в питании большей части населения Земли [1, 2]. В зарубежных странах андрогенез *in vitro* широко используется для селекции сельскохозяйственных культур [3, 4].

Целью исследований было изучение регенерационной способности растений риса методом культивирования пыльников *in vitro*.

Исследование проведено в 2024 году. Для работы отобраны 18 образцов риса (гибриды второго поколения F₂ и сорта), которые получены в лаборатории селекции и семеноводства риса ФГБНУ «АНЦ «Донской». Культура пыльников риса включала два последовательных этапа: 1) получение из пыльцевых зерен новообразований (эмбриоидов или каллусов) на индукционной среде с регуляторами роста; 2) развитие из новообразований целых растений на регенерационной среде. Индукция – на среде Блейдса с добавлением 30 г/л сахарозы; мио-инозита – 100 мг/л; агара – 8 г/л; 2,4-D – 2 мг/л; регенерация – на среде Мурасиге и Скуга (MS) с добавлением сахарозы – 20 г/л, мио-инозита – 100 мг/л, агара – 8 г/л, НУК – 1 мг/л и кинетина – 5 мг/л, последующий пассаж – на безгормональную среду MS [2, 5]. Варьирование каллусообразования составило 0–819 шт. Количество каллусов на 100 изолированных пыльников изменялось в пределах 0–115,0 %. Установлено, что не все образцы риса сформировали каллус, а только 11 из всех изученных (61 %), а 7 образцов (39 %) не были отзывчивыми на индукцию. Главный оценочный показатель эффективности культуры пыльников *in vitro* риса – получение растений регенерантов. В процессе культивирования каллусов на регенерационной среде получено 137 зеленых и 108 альбиносных растений. Общее количество растений-регенерантов варьировало по образцам от 0 до 152 (с частотой 0–15,4 % на 100 изолированных пыльников). Всего было получено 245 растений с частотой регенерации в среднем по опыту 1,6 % на 100 изолированных пыльников. Максимальное количество растений получено у образца риса [R26 (IR86385-248-2-1-B) x Контакт] – 152 шт., из них частота образования зеленых растений на 100 новообразований составила 15,5% (115 шт.) а альбиносов – 5,0 % (37 шт.). Наибольшее количество каллусов и высокий выход растений обнаружено у трех гибридных образцов: [Классик x Вирасан] – 568 и 23 шт., [Рапан 2 x Аграмак] – 358 и 32 шт. и [R26 (IR86385-248-2-1-B) x Контакт] – 819 и 152 шт. соответственно. Однако значение

частоты регенерации зеленых растений на 100 новообразований было незначительным – 2,0 и 1,6 %, соответственно. Корреляционная связь между выходом числа растений и количеством каллусов риса составляет $r=0,81\pm0,09$ – тесная положительная связь. Чем больше изучаемый образец способен образовывать каллусов, тем выше выход растений. После адаптации растений к почвенным условиям к фазе выметывания осталось 58 растений. Полученные зеленые растения-регенеранты были разделены по морфологическим признакам на 3 группы: гаплоиды, удвоенные гаплоиды и тетраплоиды [6]. Наибольшее количество растений-регенерантов (41 шт.) получено у гибридного образца [R26 (IR86385-248-2-1-B) x Контакт], из них 4 шт. – удвоенные гаплоиды, а остальные 37 шт. – гаплоиды. Образец [Рапан 2 x Аграмак] представлен 2-мя тетраплоидами и 1-им гаплоидом. Гибридный образец [Классик x Вирасан] образовал только 9 гаплоидных растений, еще по 5 образцам риса получено по 1 гаплоидному растению.

Гаплоидные растения-регенеранты риса характеризовались полной стерильностью метелок, низким стеблем и узкими листьями. Тетраплоидные растения-регенеранты в сравнении с гаплоидными и удвоенными гаплоидами имели более длинный стебель, широкие листья и длинную метелку [7]. Их фертильность была очень низкой (5 %). Удвоенные гаплоидные растения-регенеранты сформировали метелки с низкой стерильностью и высокой фертильностью (84,5 %). Метод культивирования пыльников был успешно использован для регенерации зеленых растений 11 генотипов риса. Способности генотипов риса к получению зеленых растений были различными. Образцы риса [R26 (IR86385-248-2-1-B) x Контакт], [Рапан 2 x Аграмак] и [Классик x Вирасан] обладали наибольшей способностью к регенерации и потенциально могли быть использованы для выведения новых сортов рис, путем культивирования пыльников.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 0505-2025-0007).

Список литературы

1. Gueye, T. In vitro production of double haploid plants from two rice species (*Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima* Steudt.) for the rapid development of new breeding material / T. Gueye, K.N. Ndir // Scientific Research and Essays. – 2010. – Vol. 5(7) – P. 709–713 – DOI 10.5897/SRE.9000581
2. Савенко, Е. Г. Оптимизация клеточных технологий *in vitro* для ускоренного получения генераций риса *Oryza sativa* L. / Е. Г. Савенко, Ж. М. Мухина, В. А. Глазырина, Л. А. Шундрин // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2022. – №144. – С. 114–121. – DOI 10.36305/0513-1634-2022-144-114-121. – EDN UMARWL
3. Илюшко, М.В. Влияние метелок, сформированных на побегах разного порядка, на андрогенетические ответы *in vitro* риса *Oryza sativa* L. / М.В. Илюшко, М.В. Ромашова, С.С. Гученко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023а. – № 1. – С. 9–12. – DOI 10.31857/S2500262723010027. – EDN PDFIIT

4. Gao, R. Efficient isolated microspore culture protocol for callus induction and plantlet regeneration in japonica rice (*Oryza sativa* L.) / R. Gao, Y. Zong, S. Zhang, G. Guo, W. Zhang, Z. Chen, R. Lu, C. Liu, Y. Wang, Y. Li // *Plant Methods*. – 2024. – Vol. 20. – P. 76. – DOI 10.1186/s13007-024-01189-0. – EDN JLJYPA
5. Илюшко, М. В. Оценка частоты внутрикалусной изменчивости андрогенных удвоенных гаплоидов риса (*Oryza sativa* L.) по генам устойчивости к пирикулярриозу / М. В. Илюшко, М. В. Ромашова, С. С. Гученко // *Сельскохозяйственная биология*. – 2023. – Т. 58, № 3. – С. 554-566. – DOI 10.15389/agrobiology.2023.3.554rus. – EDN WPPPXV
6. Ahmadi, B. In vitro androgenesis: spontaneous vs. artificial genome doubling and characterization of regenerants / B. Ahmadi, H. Ebrahimzadeh // *Plant cell reports*. – 2020. – 39(3). – С. 299–316. – DOI 10.1007/s00299-020-02509-z. – EDN YMGCXU
7. Kostylev, P. Creation of Rice Doubled Haploids Resistant to Prolonged Flooding Using Anther Culture / P. Kostylev, N. Kainina, N. Vozhzhova, V. Golubova, N. Chertkova // *Plants*. – 2023. – Vol. 12(21). – P. 3681. – DOI 10.3390/plants12213681. – EDN WEQHYR

УДК 635.82:577.15

АКТИВНОСТЬ ЛИГНОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ ГИБРИДНОГО ШТАММА *PLEUROTUS OSTREATUS* Д-2.3 В УСЛОВИЯХ ЖИДКОФАЗНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Кинаш Т.А.,

Демченко С.И., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0002-4868-5988
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
sdemch5@mail.ru

В настоящее время базидиальные ксилотрофы привлекают внимание многих исследователей. Особое место среди них занимают грибы «белой гнили», которые могут осуществлять прямую биоконверсию растительных отходов, в состав которых входят сложные полимеры – лигнин и целлюлоза. Ферментативная деградация этих трудногидролизуемых полимеров осуществляется преимущественно с участием оксидоредуктаз и гидролаз [1, 6]. В результате предыдущих исследований было установлено, что гибридный штамм гриба *Pleurotus ostreatus* Д-2.3 обладает высокой лигнолитической активностью и продуцирует комплекс ферментов, участвующих в деградации лигнина [2]. Несмотря на то, что лигнолитическая активность грибов белой гнили, согласно литературным данным [3, 5], носит конститутивный характер и ее проявление не зависит от наличия лигнина или его производных, уровень активности отдельных ферментов может быть повышен с помощью индукторов, в качестве которых могут выступать полимерные субстраты.

Цель представленной работы – изучить влияние целлюлозо- и лигнинсодержащих растительных отходов на лигнолитическую активность гриба *P. ostreatus* Д-2.3 в условиях жидкофазной ферментации.

При исследовании динамики активности внеклеточной лакказы и пероксидазы штамм базидиального ксилотрофа *P. ostreatus* Д-2.3 выращивали в колбах Эрленмейера объемом 250 мл с 30 мл питательной среды. Для биосинтеза ферментов использовали глюкозо-аммонийную среду (г/л): глюкоза – 1,0, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – 3,0, K_2HPO_4 – 1,0, KCl – 0,5, MgSO_4 – 0,5, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,01. В питательную среду в качестве дополнительного источника углеродного питания добавляли измельченную лузгу семян подсолнечника в концентрациях 0,5, 1,0 и 1,5 %.

Культуральные среды автоклавировали 1 ч при давлении 0,6–0,8 атм. После остывания жидкой питательной среды в каждую колбу помещали агаровый блок (диаметром 7 мм) с активно растущим мицелием, предварительно выращенным на картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри. Культуры *P. ostreatus* инкубировали в статических условиях при 26 °С в течение 18 суток. На 4, 7, 11, 15 и 18-е сутки инкубации биомассу мицелия отделяли от культуральной жидкости с помощью фильтрования через бумажный фильтр, затем культуральный фильтрат центрифугировали при 8000 об. / мин. в течение 20 мин при 4 °С и в полученном супернатанте измеряли активность лигнолитических ферментов.

Лакказную и пероксидазную активность определяли с использованием фотоэлектроколориметрического метода [4]. Увеличение оптической плотности, связанное с окислением о-дианизидина, измеряли на КФК-3 при 460 нм в течение 3 минут. Реакционная смесь для определения лакказной активности содержала: 200 мкл 8 мМ о-дианизидина, 1 300 мкл 0,2 М Na-ацетатного буфера (pH 5,0) и 500 мкл культурального фильтрата. Реакционная смесь для определения пероксидазной активности содержала: 200 мкл 8 мМ о-дианизидина, 200 мкл 10 мМ перекиси водорода, 1 100 мкл 0,2 М Na-ацетатного буфера (pH 5,0) и 500 мкл культурального фильтрата.

За единицу ферментативной активности (U) принимали количество фермента, катализирующее окисление 1 мкМ субстрата в течение 1 мин. при стандартных условиях реакции (pH=5,0, температура 35 °С).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили при 5 % уровне значимости с использованием методов дисперсионного, анализа и множественного сравнения арифметических средних по критериям Даннета и Дункана, используя программы Statistica 6.0 и MS Excel 2007.

Установлено, что добавление в жидкую питательную среду растительных отходов переработки масличных культур – лузги семян подсолнечника достоверно увеличивало в сравнении с контролем лакказную и пероксидазную активность гриба *P. ostreatus* Д-2.3. Это, по-видимому, связано с индукцией биосинтеза внеклеточных лигнолитических ферментов низкомолекулярными продуктами деградации лигнина. Кроме того, Кадималиев Д.А. и др. [3] предположили, что присутствие достаточного количества целлюлозы в питательной среде энергетически обеспечивает дополнительный синтез лигнолитических ферментов,

образование возможных эффекторов лигнолитической системы, медиаторов электронного транспорта и перекиси водорода.

На глюкозо-аммонийной среде с 1 % содержанием подсолнечной лузги активность исследованных ферментов была максимальной. При увеличении концентрации растительных отходов в питательной среде активность внеклеточной пероксидазы и лакказы достоверно снижалась, что, по-видимому, связано с тем, что чувствительность ферментов лигнолитического комплекса внешки обыкновенной зависит как от количества образующихся продуктов деградации полимеров, входящих в состав растительных отходов, так и от химической структуры этих продуктов. Биосинтез ферментов лигнолитического действия наблюдался уже на 4-е сутки культивирования штамма *P. ostreatus* Д-2.3 на жидкой питательной среде с растительными отходами – измельченной лузгой семян подсолнечника. Максимальные показатели лакказной и пероксидазной активности были обнаружены на 18-е сутки роста мицелия гриба. Следует отметить, что биосинтез пероксидазы в этот период происходил интенсивнее в 1,6 раза, чем лакказы.

Добавление измельченной лузги семян подсолнечника в глюкозо-аммонийную среду увеличивает активность лигнолитических ферментов штамма *P. ostreatus* Д-2.3. Уровень биосинтеза внеклеточной лакказы и пероксидазы исследованным базидиальным ксилотрофом зависит от количества внесенных целлюлозо- и лигнинсодержащих растительных отходов. Максимальная активность ферментов лигнолитического комплекса наблюдается на 18-е сутки роста мицелия на жидкой питательной среде с 1 % содержанием лузги семян подсолнечника.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Ганбаров Х.Г. Эколого-физиологические особенности дереворазрушающих высших базидиальных грибов. – Баку: Элм, 1990. – 200 с.
2. Демченко С.И. Лакказная и плодородная активность гибридных штаммов гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. / С.И. Демченко, О.И. Дейнеко, Е.С. Швиндина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – №3-4. – С.114-121.
3. Кадималиев Д.А. Влияние полимерных субстратов на биосинтез ферментов лигнолитического комплекса грибом *P. tigrinus* / Д.А. Кадималиев, В.В. Ревин, Н.А. Атыкян // Вестник ОГУ. – 2003. – №5. – С. 134-136.
4. Методы экспериментальной микологии: справ. / [Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др.]; под ред. В.И. Билай. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
5. Patel H. Effect of different culture conditions and inducers on production of laccase by a basidiomycete fungal isolate *Pleurotus ostreatus* HP-1 under solid state fermentation / H. Patel, A. Gupte, S. Gupte // BioResources. – 2009. – Vol. 4. – P. 268–284.
6. Sanchez C. Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi / C. Sanchez // Biotechnology Advances. – 2009. – Vol. 27. – P. 185–194.

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ЦИНКА НА СУММУ ХЛОРОФИЛЛОВ ДЕКОРАТИВНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

Кузьменко М.С., Гриб А.С.,

Фрунзе О.В., канд. тех. наук, доц., ORCID 0000-0003-1082-7012

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

mariekuzmenko@mail.ru

Среди загрязняющих веществ по масштабам поступления в экосистемы и воздействию на биологические объекты особое место занимают соли тяжелых металлов. Тяжелые металлы относятся к числу распространенных и весьма токсичных элементов. Поскольку ионы цинка характеризуется высоким показателем интенсивности поглощения растительностью (до 5160 тыс. т/год), увеличение техногенной эмиссии в окружающую среду делает их одними из наиболее опасных загрязнителей биоты [1–3].

Рядом ведущих ученых было доказано, что в присутствии высоких концентраций целого ряда тяжелых металлов, в том числе и цинка, обнаружено снижение содержания хлорофиллов «a» и «b». При этом на листьях растений наблюдаются хорошо выраженные хлорозы. Главной причиной снижения содержания зеленых пигментов в присутствии тяжелых металлов является подавление биосинтеза хлорофилла, что прежде всего связано с непосредственным действием металлов на активность ферментов биосинтеза, в частности, хлорофиллсинтазы. В свою очередь, нарушение биосинтеза хлорофилла в присутствии Cd, Cu, Ni, Pb и Zn может быть вызвано вытеснением этими ионами иона Mg^{2+} из молекулы хлорофилла [4].

Целью работы было изучение изменения суммы хлорофиллов декоративных травянистых растений в условиях загрязнения почвы ионами цинка.

В качестве объектов исследования нами были выбраны проростки

– Льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.),

– Циннии узколистой (*Zinnia angustifolia* L.),

– Петунии крупноцветковой (*Petunia × hybrida* hort. ex Vilm.).

В качестве загрязнителей использовался нитрат цинка. Концентрации цинка составляли 0 (контроль), 0,5 ПДК, 1 ПДК, 1,5 ПДК, 2 ПДК. Выращивание велось на протяжении тридцати дней, продолжительности светового дня 14 часов, при температуре 20–22 °C и влажности почвы около 70 % полной влажности. В каждый сосуд вносилось по 350 г. почвы, просеянной через почвенное сито с диаметром отверстий 3 мм, в которую предварительно вносился нитрат цинка согласно схеме эксперимента.

При снятии результатов определяли содержание хлорофилла «a» и хлорофилла «b» спектрофотометрическим методом при длине волн: 440,5 нм, 649 нм и 440,5 нм. Вычисление содержания пигментов в навеске растительного материала проводили по формулам Ветштейна. Полученные данные обрабатывали статистически с помощью специально разработанных программ по методу Даннета.

Проведенные исследования показали, что фотосинтетический аппарат растений весьма чувствителен к повышенному содержанию загрязнителей в почве. Что проявляется в изменении многих структурно-функциональных параметров фотосинтеза. Однако у устойчивых видов мы наблюдали увеличение фотосинтетической активности, что является адаптивной реакцией организма на токсичное действие поллютантов. Так, при внесении в почву ионов цинка в концентрации 0,5 ПДК содержание суммы пигментов, а именно хлорофилла «a» и «b», у проростков *Zinnia angustifolia* L., увеличилось на 12 %, а при повышении концентрации поллютанта до 1 ПДК — показатель практически не отличался от контроля (рис.). При дальнейшем повышении концентрации ионов цинка до 1,5 и 2 ПДК содержание суммы пигментов уменьшилось от 8 % до 15 %.

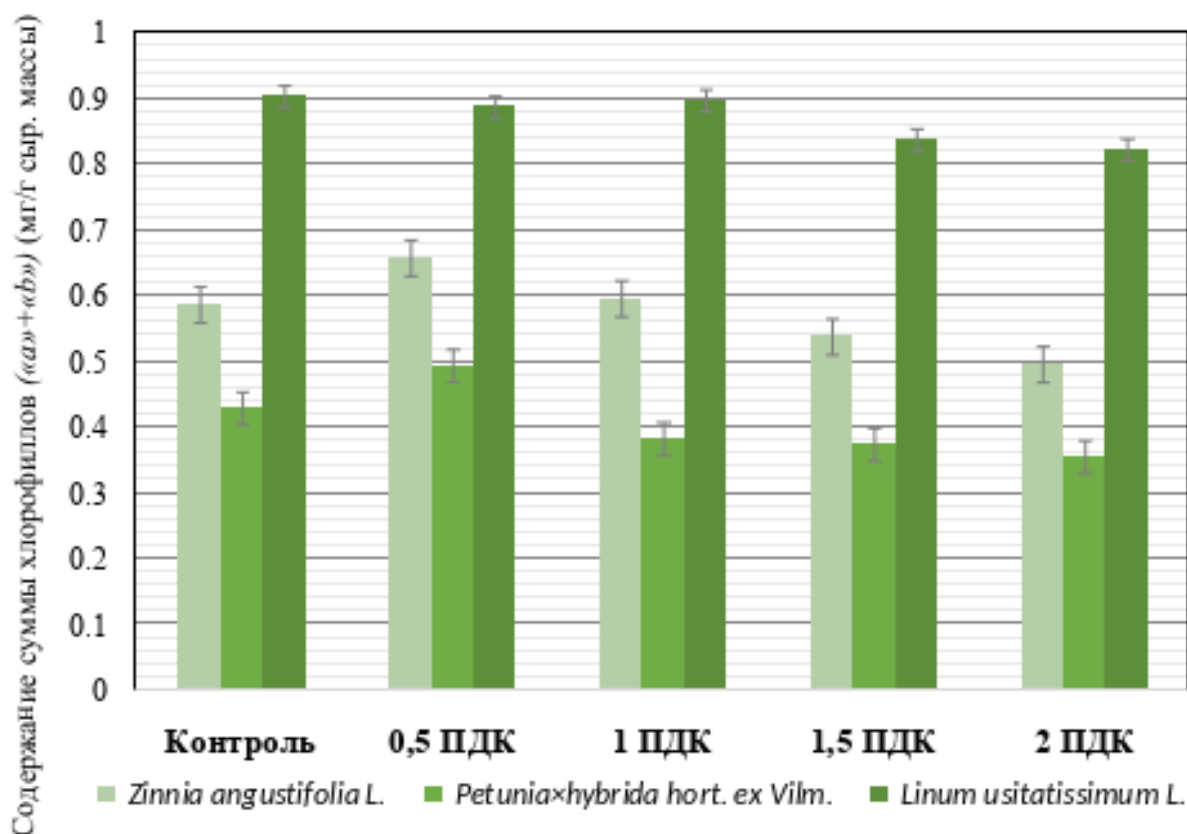


Рис. Содержание суммы хлорофиллов («a»+«b») в проростках декоративных травянистых растений

При внесении в почву, на которой произрастали проростки *Petunia* × *hybrida* hort. ex Vilm, ионов цинка в концентрации 0,5 ПДК (вариант 2) сумма пигментов увеличилась на 15 %, что может говорить о стрессовом состоянии растения, поскольку при дальнейшем увеличении концентрации поллютанта от 1 до 2 ПДК содержание пигментов «a» и «b» уменьшилось практически на 20 % по сравнению с контрольным показателем.

При исследовании Льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.), выращенного на загрязненной почве ионами цинка, показатели содержания суммы пигментов практически не отличались от контроля, что указывает на устойчивость фотосинтетического аппарата данных проростков к загрязнению почвы ионами цинка.

Исходя из полученных данных можно сказать, что проростки *Linum usitatissimum* L. характеризовались повышением содержания хлорофилла «a» и хлорофилла «b», либо данные не отличались от контрольных показателей, тогда как проростки *Petunia* × *hybrida* hort. ex Vilm. показали себя наименее устойчивыми к действию ионов цинка.

Установлено, что наибольшим содержанием суммы хлорофиллов («a»+«b») характеризуются проростки *Linum usitatissimum* L. и *Zinnia angustifolia* L., тогда как проростки *Petunia* × *hybrida* hort. ex Vilm. оказались чувствительными к данному фактору.

Из сказанного следует, что *Linum usitatissimum* L. является устойчивым видом к загрязнению почвы поллютаном и его можно рекомендовать для озеленения территорий городской среды.

Список литературы

1. Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенов В.А. Физиология устойчивости к неблагоприятным факторам среды. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 20016. – С. 236.
2. Фрунзе О.В. Фиторемедиация почв, загрязненных ионами тяжелых металлов, с помощью древесных и кустарниковых растений // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 6. С. 92–98.
3. Черников, В.А. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
4. Kramer U. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils / U. Kramer // Current Opinion in Biotechnology. – 2015. – Vol. 16. – N 2. – P. 133-141.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЛОДООБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ШТАММА *PLEUROTUS OSTREATUS* ЭТНА

Левищева А.И.,

Демченко С.И., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0002-4868-5988
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ sdemch5@mail.ru

Температура является одним из важнейших факторов окружающей среды, влияющих на рост и развитие съедобных грибов [1, 2]. Существуют виды *Pleurotus*, растущие при высоких температурах от 18 до 30 °С, такие как *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Sing. и *Pleurotus djamor* (Fr.) Boed. Их чаще выращивают в странах с жарким климатом [4]. На территории Российской Федерации среди искусственно культивируемых грибов более популярен базидиальный ксилотроф *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., адаптированный к более холодному климату и растущий в природных условиях в весенне-осенний период [3]. Однако на продовольственном рынке существует большой спрос на свежие плодовые тела этого базидиомицета и в летний период, вынуждая производителей грибов использовать энергопотребляющие чиллеры, фреоновые охладители и др., увеличивая затраты на кондиционирование воздуха для формирования базидиокарпов товарного качества.

Немаловажными показателями качества плодовых тел вешенки обыкновенной считают их размер, массу, однородность, окраску, аромат, вкус, содержание питательных веществ. Микроклимат, создаваемый внутри культивационного помещения, непосредственно влияет на изменение биометрических показателей грибов [2].

Цель представленной работы – изучить влияние высокой температуры на формирование плодовых тел промышленного штамма *P. ostreatus* Этна в производственных условиях.

В качестве объекта исследования использовали гибридный штамм *P. ostreatus* Этна, посевной мицелий которого был предоставлен фирмой Sylvan (Венгрия). Опыты были проведены в летний период на базе грибоводческого предприятия ООО «ЭкоГурман» (Ленинградская область). В эксперименте использовали комплексный субстрат следующего состава (% мас.): солома пшеничная – 61, лузга семян подсолнечника – 19, сено люцерны – 20. Приготовление субстрата осуществляли методом аэробной ферментации (Фаза 1) с последующей пастеризацией (Фаза 2). Приготовленный субстрат с влажностью 70 % и рН 8,5 инокулировали посевным мицелием исследованного штамма вешенки обыкновенной, после чего инокулированный тоннельный субстрат фасовали в мешки-брикеты по

13,5 кг. Контрольные и экспериментальные субстратные блоки были помещены в разные однозональные культивационные камеры с регулируемым микроклиматом. На протяжении 13 суток параметры микроклимата для инкубации субстрата были идентичными для всех вариантов опыта. На 14-е сутки после инокуляции в контрольной и экспериментальной камерах культивации произошло завязывание примордиев исследованного штамма вешенки обыкновенной при разных условиях микроклимата. В экспериментальной культивационной камере

- среднесуточная температура воздуха составила $28,8 \pm 0,2$ °C,
- влажность воздуха – $71,5 \pm 0,8$ %,
- содержание углекислого газа – $1698 \pm 60,8$ ppm,
- температура в центре субстратного блока – $32,7 \pm 0,7$ °C.

В контрольной культивационной камере параметры микроклимата были следующими:

- температура воздуха – $24,0 \pm 0,6$ °C,
- влажность воздуха – $62,1 \pm 1,0$ %,
- содержание углекислого газа – $1300 \pm 171,4$ ppm,
- температура в центре субстратного блока – $30,7 \pm 2,1$ °C.

При появлении первых сигнальных примордиев в контрольной культивационной камере медленно начали снижать температуру воздуха с 24 °C до 20–21 °C. После появления зачатков плодовых тел на 50–60 % блоков постепенно снизили температуру воздуха до 18–19 °C.

В экспериментальной культивационной камере плодообразование и плодоношение исследованного штамма вешенки обыкновенной проходило без механического охлаждения воздуха чиллером, но с использованием адиабатического охлаждения за счет увлажнения воздуха форсунками высокого давления, которые размещены внутри металлической части воздуховода. Данный тип охлаждения позволил снизить температуру воздуха после появления первых примордиев с 28,8 °C до 23 °C до начала сбора базидиокарпов на стадии технологической зрелости. В период плодоношения гриба температура воздуха также составила приблизительно 23 °C.

Сбор плодовых тел штамма *P. ostreatus* Этна в обеих культивационных камерах начался на 17-й день после инокуляции. При повышенной температуре воздуха и субстрата плодовые тела вешенки обыкновенной росли очень быстро, и вся первая волна плодоношения прошла за 6 дней с максимумом урожайности базидиокарпов на 2-й день сбора.

Общая урожайность плодовых тел штамма Этна в первую волну плодоношения в экспериментальной культивационной камере составила $16,58 \pm 0,96$ %, в контрольной – $17,05 \pm 0,61$ %.

Таким образом, повышенная температура в период плодообразования и плодоношения исследованного штамма *P. ostreatus* достоверно не снижала его урожайность.

При определении основных биометрических показателей гриба установлена их зависимость от температуры воздуха и субстрата во время плодоношения. Так, с установлением температуры воздуха 18–19 °С и температуры в центре субстратного блока 22–23 °С средняя арифметическая масса плодового тела в сростке составила 4,4 г, а масса шляпки – 3,4 г. При увеличении температуры воздуха до 23 °С и температуры в центре субстратного блока до 27,8 °С масса плодового тела уменьшилась на 26 % в сравнении с контролем. При высокой температуре плодовые тела не образовывали типичной шляпки для исследованного штамма *P. ostreatus* Этна. По форме она сужалась к центру, по окраске была светлее, чем в контроле. Однако вышеуказанные изменения биометрических показателей вешенки обыкновенной не повлияли на снижение потребительской привлекательности плодовых тел штамма Этна.

Таким образом, промышленный штамм Этна вешенки обыкновенной можно успешно выращивать в летний период при повышенной температуре в однозональной культивационной камере. Исследованный штамм способен завязывать примордии при среднесуточной температуре воздуха 28,8 °С без снижения урожайности и коммерческой привлекательности плодовых тел. В период плодоношения гриба желательно снизить температуру воздуха до 18 °С, хотя штамм Этна может плодоносить и при более высокой температуре – 23 °С.

При данной температуре в первую волну плодоношения урожайность исследованного штамма *P. ostreatus* фактически находилась на одном уровне с контролем и составила 16,6 %. Использование в экспериментальной культивационной камере лишь адиабатического охлаждения воздуха позволило сэкономить 279 кВт электроэнергии в период завязывания, роста и сбора плодовых тел, что уменьшило себестоимость производства вешенки обыкновенной на 5,6 %.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Гарибова Л. В. Выращивание грибов / Л.В. Гарибова. – М.: Вече, 2005. – 95 с.
2. Дудка И. А., Культивирование съедобных грибов / И. А. Дудка, Н. А. Бисько, В. Т. Билай. – Киев: Урожай, 1992. – 156 с.
3. Тищенко А.Д. Влияние температуры на рост мицелия вешенки и активность ферментов, разрушающих углеродные компоненты субстрата / А.Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2025. – №2 (152). – С. 48-54.
4. Gaitán-Hernández R. Obtaining and characterizing *Pleurotus ostreatus* strains for commercial cultivation under warm environmental conditions / R. Gaitán-Hernández, D. Salmones // Scientia Horticulturae. – 2008. – V. 118. – P. 106-110.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И БИОТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Лукиянчук С.С., Гусева М.С., Хачиниколаев В.В.,

Перина А.И., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0002-8689-5698

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург, РФ

Perina_AI@pers.spmi.ru, s230195@stud.spmi.ru

Аварийные разливы углеводородного сырья и химических реагентов на объектах нефтегазового комплекса представляют собой серьезную угрозу экологической безопасности. Особую опасность представляют стойкие органические загрязнители, такие как полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), а также синтетические реагенты, в частности ингибиторы коррозии (ИК), способные образовывать в почве устойчивые и токсичные комплексы [1].

Цель – сравнительная оценка устойчивости и фитотоксичности отдельных углеводородных сред (керосин ТС-1, газовый конденсат), ингибитора коррозии «Поли-Инкор 365 марки 005» и их комбинации в модельных почвенных условиях для прогнозирования экологических рисков при аварийных разливах.

Исследования проводились в лабораторных условиях. В качестве загрязняющих веществ использовались: керосин ТС-1, ингибитор коррозии «Поли-Инкор 365 марки 005» (ИК), газовый конденсат (ГК) с Астраханского газоконденсатного месторождения и их смесь (ГК+ИК). Данные контроля концентрации загрязняющих веществ выявили значительные различия в их устойчивости к разложению (табл.). В то же время смесь газового конденсата и ингибитора коррозии показала исключительную устойчивость. Это указывает на низкую способность к биологическому разложению данного комплекса и его высокую стабильность в почве [2].

Таблица

Изменение концентрации загрязняющих веществ в почве (нижний слой, 20 суток)

Загрязняющие вещество	Начальная концентрация, %	Конечная концентрация, %	Изменение, %
Поли-Инкор 365 марки 005	7,5	7,5	0
Газовый конденсат (ГК)	7,5	7,5	0
ГК+Поли-Инкор 365 марки 005	7,5	7,5	0
Керосин ТС-1	7,57	7,3	-0,27

Результаты биологических испытаний подтвердили высокую экологическую опасность испытанных образцов. Для смеси газового конденсата и ингибитора коррозии была установлена прямая зависимость между концентрацией ИК в ГК и биотоксичностью для растений. При дозе 2,5 % все семена овса проросли, но наблюдалось угнетение роста (длина ростков 15–20 см, побледнение листьев). При концентрации 5,0 % проросло 55–60 % семян, длина ростков составила до 15 см. При 7,5 % произошло сильное угнетение: проросло только 25–30 % семян, длина ростков не превышала 7–10 см. Полученные данные согласуются с исследованиями, показывающими, что ингибиторы коррозии могут усиливать ядовитость углеводородов, подавляя почвенные микроорганизмы и активность ферментов [3–5]. Установлено, что смесь газового конденсата и ингибитора коррозии «Поли-Инкор 365» обладает наибольшей устойчивостью к разложению в окружающей среде и представляет наибольшую экологическую опасность по сравнению с отдельными компонентами. Подтверждена ее высокая ядовитость для растений, приводящая к угнетению их развития в зависимости от дозы. Естественные процессы самоочищения почвы оказываются неэффективными против подобных сложных загрязнителей. Для снижения рисков рекомендуется использование ингибиторов коррозии с повышенной способностью к биологическому разложению, а также разработка технологий очистки, направленных на разрушение устойчивых органическо-химических комплексов (например, с использованием ультразвука). Погрешность измерений содержания ПАУ оценивается в ± 15 % и может быть уменьшена за счет применения хромато-масс-спектрометрического анализа.

Список литературы

1. Ли Р. Ч. Биodeградация загрязняющих веществ на основе нефтяных углеводородов в загрязненной почве экзогенными эффективными микроорганизмами и аборигенным микробиомом // Экотоксикология и экологическая безопасность. – 2023. – Т. 253. – С. 114673. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.114673.
2. Господарек Й. Влияние веществ нефтяного происхождения и их биоремедиации на ферментативную активность почвы и почвенных беспозвоночных // Agronomy. – 2021. Т. 11, № 1. – С. 80. DOI 10.3390/agronomy11010080.
3. Ezekwe I. C., Oguntona C. R. B., Oyelami A. C. Assessment of Heavy Metals and Total Petroleum Hydrocarbon Content of Soil from a Farm Near a Petroleum Filling Station in Effurun, Delta State // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. – 2023. – Vol. 27, No. 4. – P. 823-830. – DOI 10.4314/jasem.v27i4.21.
4. Минникова Т.В., Колесников С.И. Экологическая оценка применения биочара для ремедиации нефтезагрязненных почв при различном хозяйственном использовании // Записки Горного института. – 2025. – Т. 271. – С. 84-94. – EDN UOQKTG
5. Байчоров Расул Асламбекович Действие нефти и нефтепродуктов на свойства почв и продуктивность растений // E-Scio. – 2020. – №2 (41). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deystvie-nefti-i-nefteproduktov-na-svoystva-pochv-i-produktivnost-rasteniy> (дата обращения: 25.09.2025).

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ДИАПАЗОН ХРАНЕНИЯ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СВЕЖЕЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ГРИБНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Медведкова И.И., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0001-7155-7306
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского», г.Донецк, РФ
imedinna@mail.ru

Существует ряд факторов, ограничивающих расширение промышленного производства сельскохозяйственных грибов. К ним относятся высокая капиталоемкость начальных инвестиций, необходимых для создания современных ферм и лабораторий. Кроме того, требуется специализированное оборудование для контроля климата, стерилизации и компостирования.

Целью работы является изучение путей для обеспечения потребителей свежей и качественной продукцией, где необходимо оптимизировать логистические процессы и условия хранения грибов. Это позволит преодолеть ограничения, связанные с их недолгим сроком годности, и стимулировать дальнейшее развитие грибной индустрии.

Грибы содержат значительное количество полезных соединений, включая фитонциды, полисахариды, незаменимые аминокислоты, жиры, легко усваиваемые углеводы, калий, фосфор и железо.

Благодаря своей высокой пищевой ценности, грибы способны заменить значительную часть мясных продуктов в человеческом рационе, вплоть до 50–60 %. Исследования ученых показали, что грибы богаты необходимыми элементами: белками, жирами и углеводами, а также содержат важные минералы, такие как фосфор и железо. Кроме того, в их составе обнаружены микроэлементы: P, Ru, Mo, Co, Ni, Sn, Va, Ba, Ti, Pb, Ag, Zr и Cd. Грибы представляют собой отличный источник витаминов. В частности, уровень ниацина в грибах сопоставим с мясными продуктами, которые считаются главным источником этого витамина, и существенно превышает содержание ниацина в овощах, ягодах и фруктах.

Выращивание грибов в контролируемых условиях предоставляет ряд значительных медико-экологических выгод. В нынешней ситуации, когда многие территории страдают от техногенного и радиоактивного загрязнения, эти преимущества становятся особенно важными. Негативное воздействие прошедшего времени сказывается на качестве продовольствия, в том числе и дикорастущих грибов.

Основными культивируемыми грибами в Донбассе являются шампиньоны и вешенки, причем львиная доля производства (80%)

приходится на шампиньоны. В мировом масштабе шампиньоны составляют примерно 65% от общего количества употребляемых в пищу грибов.

Шампиньоны представлены белыми, кремовыми и коричневыми разновидностями. Донецкие производители, ориентируясь на потребительские предпочтения, отдают предпочтение выращиванию шампиньонов белой расы. Ограниченная продолжительность хранения представляет собой один из барьеров, препятствующих увеличению объемов производства грибов. Идеальным вариантом является доставка грибов потребителю непосредственно в день их сбора. В условиях холодильного хранения, при температурном режиме от +3 до +5 °С, срок их годности не превышает 24 часов.

Исследования подтверждают, что оптимальная температура для хранения шампиньонов – от 0 до +2°С. Рекомендуется использовать полистироловые подложки, герметично запечатанные полиэтиленовой плёнкой после упаковки грибов. Особые свойства плёнки, позволяющие избирательно пропускать газы, в сочетании с дыханием грибов, приводят к формированию внутри упаковки газовой среды с изменённым составом (МГС). Это позволяет в пять раз увеличить срок годности кремовых и коричневых шампиньонов, и в три раза – белых, если сравнивать с традиционным хранением в обычных холодильниках в картонной таре.

Для обеспечения наилучшей сохранности шампиньонов критически важна температура в диапазоне от 0 до +2 °С, а также специально подобранный газовый состав: 4,1 % углекислого газа и 15 % кислорода при высокой влажности – 90–95 %. Грибы помещают в ударопрочные полистироловые лотки, рассчитанные на 0,36 кг, которые герметично запечатываются полиэтиленовой пленкой после упаковки. Эта пленка обладает определенной проницаемостью для газов: 58 для кислорода и 265–1019 м²хПа для углекислого газа. Внутри упаковки формируется модифицированная газовая среда (МГС) благодаря дыханию самих грибов и ограниченным возможностям газообмена через упаковочную пленку.

Выращивание грибов важно для обеспечения населения экологически чистыми продуктами, богатыми белком, а также для снабжения сырьем перерабатывающую промышленность страны. В Донбассе, как и в глобальном масштабе, наблюдается увеличение объемов культивирования грибов. Вопросы селекции грибных штаммов и увеличения урожайности шампиньонов, как ключевого фактора их качества, широко освещены в научной литературе. В то же время, актуальной проблемой остается изменение качественных характеристик и сохранность грибов на пути к потребителю или переработке. Недостаточная разработанность данной области приводит к увеличению потерь и препятствует развитию грибной индустрии, которая потенциально может быть нацелена на экспортные рынки.

ОСОБЕННОСТИ МАСШТАБИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ШТАММА *IRPEX LACTEUS* (FR.) FR. 2434 – АКТИВНОГО ПРОДУЦЕНТА ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ЦЕЛЛЮЛАЗ

Чемерис О.В., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-2446-4710

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

chemeris07@rambler.ru

Ферментативная деструкция полисахаридов клеточной стенки растений под действием высокоэффективных ферментных препаратов целлюлаз до моно- и олигосахаридов лежит в основе современных технологий переработки лигноцеллюлозного сырья [1]. В данных процессах могут быть использованы свободные и иммобилизованные клетки микроорганизмов, а также применяются выделенные из микроорганизмов ферменты, как в свободном (растворенном) состоянии, так и иммобилизованные (на носителе) [2].

В настоящее время большую часть ферментных препаратов целлюлаз получают с помощью низших грибов *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Humicola* и др. [3], характеризующихся высокой секреторной способностью и широким разнообразием продуцируемых ферментов с различной субстратной специфичностью. В научной литературе отмечено, что высшие базидиальные грибы являются достаточно перспективными объектами в данном направлении [4].

Внимание многих исследователей сосредоточено на поиске новых микроорганизмов, продуцирующих ферментный комплекс целлюлаз, а также на оптимизации состава среды и параметров ферментации. Свойства и состав ферментного комплекса гриба-деструктора определяется строением растительного субстрата [3, 4]. Одной из важных задач, которая стоит перед исследователями, является разработка высокопродуктивного процесса культивирования продуцентов с целью повышения их биосинтетической способности синтезировать полноценный комплекс целлюлазных ферментов. В связи с чем необходимы исследования для разработки биотехнологических схем получения ферментных препаратов, соответствующих биореакторов и поиска композиции штамма гриба, лигноцеллюлозного субстрата и условий глубинного культивирования для максимального выхода целлюлаз.

Цель работы – исследование биосинтетической активности штамма дереворазрушающего гриба *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434 – активного продуцента внеклеточных ферментов целлюлазного комплекса в условиях лабораторного масштабирования.

Штамм *I. lacteus* 2434 культивировали в течение 15-ти суток при температуре 32 °С в колбах Эрленмейера объемом 100 мл с 50 мл питательной среды и в лабораторном ферментере объемом 2 л с 1 000 мл питательной среды. Лигноцеллюлозный субстрат – листья початков кукурузы предварительно измельчали (фракция частиц составляли не более 3 мм) и вносили в количестве 2 %, в качестве жидкой фазы использовали солевой раствор среды Чапека.

Активность ферментов целлюлазного комплекса культуральной жидкости штамма-продуцента *I. lacteus* 2434 определяли относительно следующих субстратов: фильтровальной бумаги (общая целлюлозолитическая активность, или ФБ-активность), целлобиозы (целлобиазная активность) и Na-карбоксиметилцеллюлозы (эндоглюканазная активность) в соответствии с общепринятыми методиками [5, 6]. За единицу целлюлозолитической активности (Ед.) принимали такое количество фермента, которое образовывало 1 μmol редуцирующих сахаров в течение 1 мин в условиях опыта ($t=+37^\circ\text{C}$). Удельную активность (Ед./мг) определяли отношением общей активности культуральной жидкости (Ед./мл) к содержанию белка в культуральной жидкости (мг/мл). Концентрацию редуцирующих сахаров в перерасчете на глюкозу определяли методом Шомодьи-Нельсона [6, 7], глюкозу определяли глюкозооксидазно-пероксидазным методом с использованием наборов реагентов для определения содержания глюкозы в биологических жидкостях («Глюкоза – Агат», ООО «Агат-Мед», Россия). Содержание белка определяли по методу Бредфорда. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа.

На рисунке представлены результаты исследования целлюлозолитической активности культуральной жидкости штамма *I. lacteus* 2434 при культивировании на отходах переработки кукурузы, как при небольших объемах питательной среды, так и при масштабировании данного процесса.

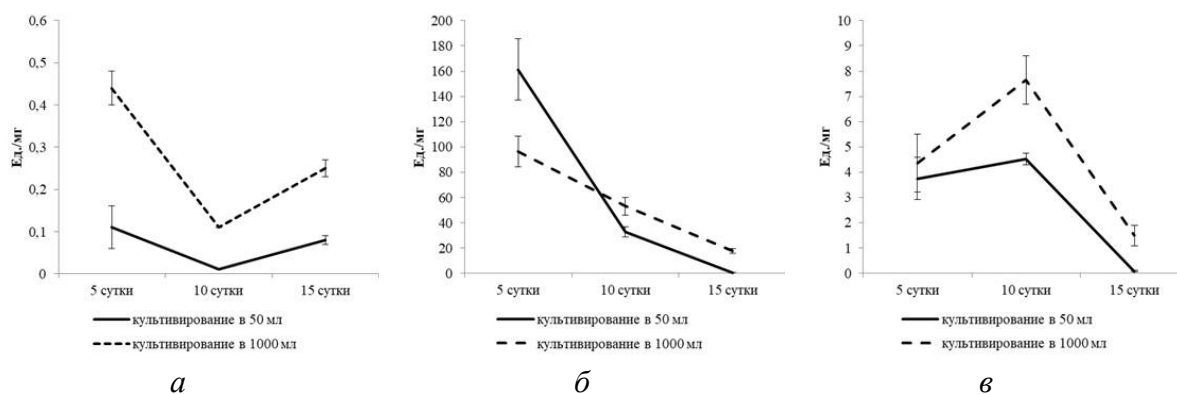


Рис. Целлюлозолитическая активность культуральной жидкости штамма *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. 2434:

а – ФБ-активность, б – эндоглюканазная активность, в – целлобиазная активность

Установлено, что характер проявления ферментативной активности культуральной жидкости при культивировании в малых и больших объемах питательной среды совпадал.

Максимальные значения ФБ-активности и эндоглюканазы культуральной жидкости выявлены на 5-е сутки культивирования, наибольшая целлюбиазная активность отмечена на 10-е сутки культивирования.

К 15-м суткам культивирования активность ферментов целлюлазного комплекса штамма *I. lacteus* 2434 снижалась, что указывает на нецелесообразность длительного культивирования данного продуцента.

Масштабирование процесса культивирования штамма *I. lacteus* 2434 показало воспроизводимость лабораторных результатов (полученных в малых объемах питательной среды) и может позволить получить высоких выход ферментных препаратов целлюлаз из культуральной жидкости продуцента.

Исследования проводились в рамках государственного задания (№ госрегистрации 124012400346-5).

Список литературы

1. Study of cellulolytic enzyme immobilization on copolymers of N-vinylformamide / [A. Taṭa, K. Sokołowska, J. Świder, A. Konieczna-Molenda, E. Proniewicz, E. Witek] // Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. – 2015. – No 149. – P. 494–504. – DOI 10.1016/j.saa.2015.04.112
2. Крякунова Е. В. Применение иммобилизованных микроорганизмов и ферментов / Е. В. Крякунова, А. В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 22. – С. 101–105.
3. Биоконверсия возобновляемого растительного сырья в полезные продукты – оптимизация состава целлюлазного ферментного комплекса / [А. П. Сеницын, И. А. Шашков, А. В. Гусаков и др.] // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2018. – Т. 3, № 1. – С. 219–224.
4. Elisashvili V. Review of recent advances in the physiology of the regulation of cellulase and xylanase production by basidiomycetes / [V. Elisashvili, E. Metreveli, T. Khardziani, K. Sokhadze, A. Kobakhidze, E. Kachlishvili] // Energies. – 2023. – 16. – P. 4382. DOI 10.3390/en16114382.
5. Сеницын А. П. Методы изучения и свойства целлюлозолитических ферментов / А. П. Сеницын, В. М. Черноглазов, А. В. Гусаков // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. – 1993. – Т. 25. – 152 с.
6. Ghose T. K. Measurement of cellulase activity / T. K. Ghose // Pure Appl. Chem. – 1987. – V. 59, N 2. – P. 257–268.
7. Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of sugars / N. Nelson // J. Biol. Chem. – 1944. – V. 153, N 2. – P. 375–379.

АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ШАХТЕРСКОГО РАЙОНА ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Штирц Ю.А., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-5102-2033

ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ

yu.shtirts@mail.ru

К числу наиболее распространенных показателей, отражающих состояние почв, относится доля агрономически ценных агрегатов (АЦА) [2, 5].

К агрономически ценным относят агрегаты в диапазоне 0,25–10 мм. Оптимальное содержание агрономически ценной фракции снижает плотность почвы, в результате чего количество продуктивной влаги возрастает.

Увеличение долевого содержания почвенных частиц размером более 10 мм ведет к возрастанию глыбистости структуры, которую корневая система растений не способна разрушать и извлекать необходимые питательные вещества [4].

Цель исследования – оценка агрегатного состояния почв южной части Шахтерского района ДНР. Объектами исследования являлись почвы южной части Шахтерского района ДНР.

При выборе модельных участков для исследования почвенного покрова деградированных агроэкосистем учитывалась степень их антропогенной трансформации.

Были выбраны следующие модельные участки:

1) поле под озимой пшеницей (с. Розовка, Шахтерский район, 48°10'04.6"N 38°12'32.7"E);

2) склоновый участок поля под озимой пшеницей, второй год монокультуры (с. Новоселовка, Шахтерский район, 48°09'40.1"N 38°08'16.7"E);

3) склоновый участок поля под подсолнечником (с. Верхняя Крынка, Шахтерский район, 48°10'47.9"N 38°08'58.0"E);

4) поле под паром, первый год после подсолнечника (с. Розовка, Шахтерский район, 48°10'41.8"N 38°15'07.2"E);

5) склоновый участок поля под яровой пшеницей (г. Ждановка, Шахтерский район, 48°10'37.5"N 38°16'06.1"E);

6) склоновый участок поля под озимой пшеницей (пгт. Нижняя Крынка, Шахтерский район, 48°06'13.9"N 38°12'05.9"E);

7) поле под пшеницей, второй год монокультуры (с. Ровное, Шахтерский район, 48°06'28.8"N 38°33'51.9"E);

8) поле под пшеницей, первый год после кукурузы (с. Ровное, Шахтерский район, 48°06'21.9"N 38°33'57.5"E);

9) склоновый участок поля под озимой пшеницей (с. Рассыпное, Шахтерский район, 48°08'43.5"N 38°35'49.3"E);

10) склоновый участок поля под паром после пшеницы (с. Рассыпное, Шахтерский район, 48°08'46.6"N 38°35'43.7"E);

11) склоновый участок поля под паром после кукурузы (с. Рассыпное, Шахтерский район, 48°08'38.7"N 38°35'49.9"E).

Отбор почвенных образцов проводили по почвенным горизонтам в 2023 г. в соответствии с методикой [3].

Исследование гранулометрического состава почвенных горизонтов проведено в соответствии с ГОСТ 12536–2014 [1].

Оценку состояния почв проводили на основании определения доли агрономически ценных агрегатов в соответствии с методикой, изложенной в работе И.Н. Кургановой с соавторами [2].

Доля агрономически ценных агрегатов в почвах исследуемых участков отражена в таблице.

Таблица

Доля агрономически ценных агрегатов в почвах исследуемых участков, %

Участок	Доля агрономически ценных агрегатов, %	
	Гумусо-аккумулятивный горизонт	Иллювиальный горизонт
№ 1	65,5	74,5
№ 2	83,3	78,1
№ 3	55,5	67,7
№ 4	66,2	71,9
№ 5	75,3	73,8
№ 6	76,5	83,0
№ 7	66,1	77,8
№ 8	80,6	87,6
№ 9	84,0	82,9
№ 10	74,9	89,5
№ 11	61,4	67,6

Доля агрономически ценных агрегатов для гумусо-аккумулятивного горизонта исследуемых участков варьирует от 55,5 до 84,0 %, для иллювиального горизонта – от 67,6 до 89,5 %.

По содержанию АЦА агрегатное состояние почв относят к неудовлетворительному, если фракция 0,25–10 мм составляет менее 40 %, хорошему – при доле АЦА 40–60 % и отличному – при доле АЦА более 60 % [2, 5].

Согласно данной градации оценок, по показателю агрономически ценных агрегатов, почвы подавляющего большинства исследуемых участков характеризуются отличным состоянием. Исключением являются

гумусо-аккумулятивный горизонт участка № 3 (склоновый участок поля под подсолнечником (с. Верхняя Крынка, Шахтерский район): доля агрономически ценных агрегатов составляет менее 60 %, агрегатное состояние почв данного участка следует охарактеризовать как хорошее.

Для сравнения можно отметить, что почвы участка со степной растительностью заповедника «Хомутовская степь» (пробы отобраны с участка с режимом абсолютного заповедания 47°17'18.42"N 38°10'47.75" E) характеризуются следующими показателями агрегатного состояния: доля агрономически ценных агрегатов гумусо-аккумулятивного горизонта составляет 89,0 %, иллювиального горизонта – 82,0 % [6].

Агрегатное состояние почвенных горизонтов подавляющей части исследуемых участков характеризуется отличным состоянием. Гумусо-аккумулятивный горизонт склонового участка поля под подсолнечником (с. Верхняя Крынка, Шахтерский район) характеризуется хорошим состоянием.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме «Качественные и функциональные характеристики почв сельскохозяйственных угодий в степной зоне и пути восстановления их биологической продуктивности» (регистрационный № 123101300198-3).

Список литературы

1. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – Взамен ГОСТ 12536-79; введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 23 с.
2. Курганова, И. Н. Влияние типа землепользования на физические свойства черноземов лесостепной зоны Западной Сибири / И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню, Е. Н. Смоленцева, М. П. Семенова, В. И. Личко, Б. А. Смоленцев // Почвоведение. – 2021. – № 9. – С. 1061–1075.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
4. Ничипуренко, Е. Н. Влияние технологии выращивания озимой пшеницы на агрегатный состав почвы / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Научный журнал КубГАУ. – 2024. – № 202 (08). – С. 1–7.
5. Теории и методы физики почв / Под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.
6. Штирц, Ю. А. Изменение механического состава почв заповедника «Хомутовская степь» при различных режимах заповедания / Ю. А. Штирц, Д. В. Сыщиков // Промышленная ботаника. – 2024. – Вып. 24, № 4. – С. 95–99. DOI 10.5281/zenodo.14638334

ПОДКОЖНЫЕ ФОРМЫ HER2-БЛОКАДЫ ПЕРТУЗУМАБ+ТРАСТУЗУМАБ В ТЕРАПИИ HER2- ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Антюхов Ю.Ю.¹, ORCID 0009-0004-6468-2132,

Вирко В.А.¹, ORCID 0009-0001-6101-476X,

Мефодовский М.А.¹, ORCID 0009-0004-9885-0106,

Хабаров В.А., ORCID 0009-0004-9132-367X

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова»,

г. Санкт-Петербург, РФ

vladimirkhab17@icloud.com

Двойная HER2-блокада трастузумабом и пертузумабом стала ключевым направлением в лечении HER2-положительного рака молочной железы (РМЖ), значительно улучшив показатели выживаемости как на ранних стадиях, так и при метастатическом процессе. Эффективность комбинации подтверждена рядом крупных исследований: в NeoSphere отмечено увеличение частоты полных патоморфологических ответов [1], в TRYRNAENA показана высокая эффективность и кардиологическая безопасность режима TCHP [2], в APHINITY зафиксировано улучшение безрецидивной выживаемости [3], а исследования CLEOPATRA и PERUSE подтвердили рост общей выживаемости у пациентов с метастатическим HER2+-РМЖ [4]. Эти данные стали основанием для включения двойной HER2-блокады в международные и российские клинические рекомендации. Вместе с тем, внутривенное введение пертузумаба и трастузумаба сопряжено с длительным пребыванием в стационаре, риском осложнений из-за установки постоянного венозного доступа и снижением удобства терапии. Появление фиксированной подкожной формы этих препаратов, возможной благодаря применению рекомбинантной гиалуронидазы, открывает новые перспективы: ускоряет и упрощает процесс лечения, снижает нагрузку на стационары и повышает удовлетворённость и приверженность пациентов терапии.

Цель работы – изучить вопрос о целесообразности и эффективности применения подкожных форм таргетной HER2-блокады трастузумабом и пертузумабом.

Поиск информации проводился с использованием информационной базы данных статей Google scholar и зарубежных журналов, таких как Lancet, New England Journal of Medicine.

Первой подкожной формой трастузумаба в лечении РМЖ стал Герцептин, эффективность и безопасность которого были подтверждены

исследованием HannaH [5]. В исследовании PrefHer большинство пациентов (86 %) и медицинских работников (81 %) предпочли подкожное введение из-за удобства, экономии времени и меньшей болезненности; в ряде стран оно реализуется в рамках программ «flex care» [6]. В исследовании PHranceSCa 85 % пациентов и 93 % медработников также отдали предпочтение подкожной фиксированной комбинации пертузумаба и трастузумаба, подтвердив её сопоставимую эффективность и безопасность (FeDeriCa) [7]. Фиксированная комбинация зарегистрирована в США и ЕС в 2020 г., а в России под торговым названием Фесго® – в 2021 г., при этом показания к применению идентичны внутривенным формам.

Двойная HER2-блокада пертузумабом и трастузумабом является стандартом лечения HER2-положительного РМЖ, повышая выживаемость пациентов на ранних и метастатических стадиях. Недавно в России зарегистрирована их фиксированная подкожная комбинация, которая облегчает лечение, снижает нагрузку на систему здравоохранения, расширяет возможности амбулаторной терапии и решает проблему у пациентов с затруднённым венозным доступом.

Список литературы

1. Gianni L., et al. Efficacy and safety of neoadjuvant pertuzumab and trastuzumab in women with locally advanced, inflammatory, or early HER2-positive breast cancer (NeoSphere): a randomised multicentre, open-label, phase 2 trial. *Lancet. Oncol.* – 2012. – Vol. 13, No(1). – P. 25–32. – DOI 10.1016/S1470-2045(11)70336-9.
2. Schneeweiss A., et al. Pertuzumab plus trastuzumab in combination with standard neoadjuvant anthracycline-containing and anthracycline-free chemotherapy regimens in patients with HER2-positive early breast cancer: a randomized phase II cardiac safety study (TRYPHAENA). *Ann Oncol.* – 2013. Vol. 24, No 9. – P. 2278–84. – DOI 10.1093/annonc/mdt182.
3. Piccart M., et al. Adjuvant Pertuzumab and Trastuzumab in Early HER2-Positive Breast Cancer in the APHINITY Trial: 6 Years' Follow-Up. *J Clin Oncol.* – 2021. Vol. 39, No 13. – P. 1448–57. – DOI 10.1200/JCO.20.01204.
4. Swain S.M., et al. Pertuzumab, trastuzumab, and docetaxel for HER2-positive metastatic breast cancer (CLEOPATRA): end-of-study results from a double-blind, randomised, placebo-controlled, phase 3 study. *Lancet. Oncol.* – 2020. Vol. 21, No 4. –P. 519–30. – DOI: 10.1016/S1470-2045(19)30863-0.
5. Ismael G., Hegg R., Muehlbauer S., et al. Subcutaneous versus intravenous administration of (neo)adjuvant trastuzumab in patients with HER2-positive, clinical stage I-III Breast Cancer (HannaH study): a phase 3, open-label, multicentre randomised trial. *Lancet. Oncol.* – 2012. – Vol. 13. – P. 869–78. DOI 10.1016/S1470-2045(12)70329-7.
6. Wardley A., Canon J.L., Elsten L., et al. Flexible care in breast cancer. *ESMO Open.* – 2021. – Vol. 6. – P.100007. – DOI 10.1016/j.esmoop.2020.100007.
7. O'Shaughnessy J., et al. Preference for the fixed-dose combination of pertuzumab and trastuzumab for subcutaneous injection in patients with HER2-positive early breast cancer (PHranceSCa): A randomised, open-label phase II study. *Eur J Cancer.* – 2021. – Vol. 152. – P. 223–32. – DOI 10.1016/j.ejca.2021.03.047.

ИЗМЕНЕНИЯ КАРТИНЫ КРОВИ КОЗ ПРИ ПЕРЕХОДЕ С ЗИМНЕГО НА ПАСТБИЩНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Байсыркина В.А., ORCID 0009-0000-0495-0087

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, РФ
Dfkz0094@mail.ru

Переходный период у коз – это критически важный этап, представляющий собой сложный комплекс с глубокими физиологическими изменениями, происходящими в организме животного при переходе с зимнего на пастбищное содержание. Этот период характеризуется значительными метаболическими перестройками, которые нередко приводят к серьезным нарушениям здоровья.

Более того, в этот период организм коз испытывает стресс, связанный с изменением рациона и условий окружающей среды [1, 2].

Совокупность этих негативных факторов делает коз в переходный период крайне уязвимыми к различным заболеваниям. Они становятся более восприимчивы к инфекциям, что сказывается на репродуктивных показателях (снижение плодовитости, увеличение числа аборт) и, соответственно, на продуктивности – снижении количества и качества молока. Длительность и выраженность этих нарушений напрямую влияют на общее состояние животного и экономическую эффективность молочного хозяйства [3].

Цель – провести исследование морфологических показателей крови коз молочной продуктивности в период перехода с зимнего на пастбищный тип содержания.

Исследования проведены на козах зааненской породы в период перевода их с зимнего на пастбищное содержание. Кровь брали в стерильные одноразовые пробирки из яремной вены. Определение морфологического профиля крови проводили на гематологическом анализаторе.

В результате проведенных исследований нами установлено, что в крови коз перед выгоном на пастбище отмечали достаточно низкий уровень эритроцитов и низкую степень насыщения их гемоглобином. Так, количество эритроцитов варьировало в пределах 7,7–12,3 Т/л, а степень насыщения эритроцитов гемоглобином – в пределах 85,0–108,0 г/л. Данные результаты свидетельствуют о напряженности окислительно-восстановительных реакциях в организме коз. Тогда как в начале апреля уровень клеток красной крови варьировал в пределах 10,23–15,2 Т/л, а степень насыщения их гемоглобином составляла 95–114,0 г/л. Анализируя лейкограмму можно констатировать, что процентное распределение отдельных клеток белой крови находилось в пределах референтных величин, однако наблюдается небольшое перераспределение между отдельными представителями. Так, на начало апреля в крови содержание нейтрофильной группы составляло:

палочкоядерных клеток 5 %, сегментоядерных 25 %, тогда как к концу апреля количество первых повышается до 8 %, тогда как вторых снижается до 22 %. В остальном лейкограмма без существенных изменений.

Представленные результаты исследований показывают, что у коз до выгона на пастбище наблюдался сниженный уровень эритроцитов и гемоглобина, что может свидетельствовать о напряженности окислительно-восстановительных процессов в организме. К началу апреля отмечается улучшение показателей красной крови, а именно увеличение количества эритроцитов и степени насыщения их гемоглобином. Лейкограмма, в целом, находится в пределах нормы, однако наблюдается небольшое перераспределение нейтрофилов, а именно увеличение палочкоядерных и снижение сегментоядерных форм к концу апреля, что может говорить об активации иммунной системы.

Таким образом, результаты показывают положительную динамику в показателях красной крови после выгона на пастбище, при этом лейкограмма указывает на незначительные изменения, которые могут быть связаны с адаптацией организма к новым условиям. Научные исследования, проведенные как на моногастричных, так и на жвачных животных, показали, что могут существенно улучшить состояние животных в переходный период специально подобранные добавки к корму. В качестве таких добавок рассматриваются пробиотики (живые микроорганизмы, улучшающие микрофлору кишечника), пребиотики (вещества, стимулирующие рост полезных бактерий), различные липиды (жиры, необходимые для нормального энергетического обмена), а также другие биологически активные вещества. Эффективное использование таких добавок является одним из важных инструментов для поддержания здоровья коз в переходный период и повышения продуктивности молочного стада.

Список литературы

1. Байсыркина, В. А. Морфологические изменения крови при переводе коз с пастбищного на кошарное содержание / В. А. Байсыркина, Ш. М. Биктеев // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 15 ноября 2024 года. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2024. – С. 401-404. – EDN DDOPXG.
2. Биктеев, Ш. М. Морфологические параметры крови коз в сравнительном аспекте / Ш. М. Биктеев, М. С. Сеитов // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 15 ноября 2024 года. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2024. – С. 392-394. – EDN SMAZKR.
3. Lopreiato V, Mezzetti M, Cattaneo L, Ferronato G, Minuti A, Trevisi E. Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: a review. J Anim Sci Biotechnol. 2020 Aug 27;11:96. DOI 10.1186/s40104-020-00501-x.

НАПРАВЛЕННОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ТЕСТЕ ПОРСОЛТА У САМЦОВ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ДВУХНЕДЕЛЬНОЙ АЛКОГОЛИЗАЦИИ

Балакирева Г.А., канд. биол. наук, доц. ORCID 0000-0002-7736-0245,
Наумова Т.И.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
g.a.balakireva@mail.ru

Как известно из специальной литературы, длительный прием как психоактивных (ПАВ), так и психостимулирующих веществ является причиной развития разнообразных нарушений как в соматическом здоровье человека, так и в его аффективной сфере [5, 7]. Этанол является классическим примером ПАВ, который существенно изменяет ход течения метаболических процессов на уровне как всего организма, так и ЦНС в частности [1, 2, 5]. При этом, возникшие изменения в проявлениях высших функций мозга могут быть разнонаправленными, что значительно осложняет поиск адекватных методов коррекции этанолиндукцированных психоэмоциональных нарушений [4, 6].

Целью представленного фрагмента работы является оценка направленности изменения поведенческого профиля самцов белых крыс, возникших на фоне двухнедельной алкоголизации, в условиях теста Порсолта.

Модельный эксперимент по оценке влияния двухнедельной алкоголизации на поведенческий профиль самцов белых крыс был проведен на 40 особях, достигших половой зрелости ($m=180-210$ г). Животные содержались в стандартных условиях вивария (12/12 световой день, доступ к пище и воде свободный). Тестирование животных было проведено в светлое время суток (до 12:00) с использованием стандартного теста Порсолта по оценке депрессивного поведения [3]. Животное на 6 минут помещали в цилиндр (высота 30 см), наполненный водой при температуре 27–28 °С. Фиксировались следующие показатели поведения: суммарное время активного, пассивного плавания и общее время неподвижности, частоту периодов неподвижности, количество фекальных болюсов и заныриваний. Общее время и количество периодов неподвижности указывают на депрессивное состояние животных, по количеству фекальных болюсов судили об эмоциональности особи. После проведения исходного тестирования (контрольного) в зависимости от показанного животными суммарного времени неподвижности их разделили на три подгруппы. Оценка результатов повторного тестирования крыс в тесте Порсолта производилась внутри выделенных при контрольном тестировании подгрупп. Состояние алкоголизации было смоделировано с помощью 14-

дневного введения 10 %-ного раствора этилового спирта в дозе 2 г/кг [2]. После двухнедельной алкоголизации самцы проходили повторное тестирование. Его результаты оценивались с учетом показателей, установленных в выделенных подгруппах самцов. Первичные экспериментальные данные обрабатывали с помощью U-критерия Манна-Уитни. Разделение исходной группы животных на подгруппы проводили по сигмальному отклонению ($\pm 0,67\delta$) [4].

На основании предварительного скрининга (тестирования), все особи были распределены на три подгруппы на основании показанного ими общего времени иммобилизации в тесте Порсолта. Анализ данных, представленных в таблице 1, указывает на отсутствие значимых различий между группами самцов с разной степенью выраженности депрессивного состояния по параметрам общего времени пассивного плавания и уровня эмоциональной реактивности. Вместе с тем, наблюдается обратная зависимость между общим временем активного плавания и уровнем депрессивности. Вместе с тем, общее время активного плавания прямо пропорционально общему числу эпизодов неподвижности, что является закономерным. У особей, демонстрирующих высокий уровень депрессивности, отмечалось наибольшее количество эпизодов ныряния в течение проведения эксперимента.

Длительное (двухнедельное) введение этанола в указанной дозировке вызвало ряд модификаций в поведенческих характеристиках выделенных подгрупп крыс. В частности, у самцов, изначально продемонстрировавших низкую и высокую степень депрессивного поведения в исходном скрининге, общее время нахождения в состоянии неподвижности увеличилось в 2,1 ($p < 0,05$) и 1,3 ($p < 0,05$) раза по сравнению с их первоначальными показателями, соответственно.

Таблица

Поведенческий профиль самцов белых крыс с тесте Порсолта в исходных условиях

Показатель поведения	Уровень депрессивности		
	низкий (n=10)	средний (n=24)	высокий (n=6)
Суммарное время неподвижности, с	37,2 $\pm$ 0,92*	53,2 $\pm$ 2,47	84,8 $\pm$ 6,73*•
Суммарное время пассивного плавания, с	29,3 $\pm$ 1,97	32,1 $\pm$ 2,55	30,5 $\pm$ 4,03
Суммарное время активного плавания, с	293,8 $\pm$ 2,06*	274,8 $\pm$ 4,12	244,7 $\pm$ 5,36*•
Общее количество периодов неподвижности	16,2 $\pm$ 0,71*	21,1 $\pm$ 1,14	29,8 $\pm$ 0,63*•
Количество фекальных болюсов	2,8 $\pm$ 0,48	3,3 $\pm$ 0,52	3,0 $\pm$ 0,71
Количество заныриваний	2,3 $\pm$ 0,75	1,5 $\pm$ 0,42	4,0 $\pm$ 0,41*•

* – отличия статистически значимы ($p < 0,05$) при сравнении показателей с условным контролем (соответствующие показатели у среднедепрессивных особей);

• – отличия статистически значимы ($p < 0,05$) при сравнении показателей у особей с крайними уровнями депрессивности.

Отмеченное увеличение общего времени пассивного плавания в воде в 1,7 раза ($p<0,05$) у контрольной группы особей с низким уровнем депрессивности указывает на депрессогенный эффект, оказываемый продолжительным воздействием алкоголя на самцов этой конкретной подгруппы. Степень эмоциональной реактивности, оцениваемая посредством подсчета фекальных болюсов, уменьшилась у всех испытуемых, вне зависимости от индивидуального уровня предрасположенности к депрессивному состоянию. Так, у низко- и среднедепрессивных крыс данный показатель снизился в 1,4 ($p<0,05$) раза, а у высокодепрессивных – в 3,1 ($p<0,05$) раза. Существенно сокращалась и частота заныриваний в тесте Порсолта у всех подгрупп животных после введения этанола: у среднедепрессивных их не выявлено вообще, у низко- и высокодепрессивных их количество сократилось в 1,5 ($p<0,05$) и 5 ($p<0,05$) раз соответственно.

Таким образом, установлено, что эффекты двухнедельной алкоголизации на депрессивную компоненту поведения частично определяются исходными индивидуальными особенностями животного организма. Влияние этанола на эмоциональность не зависит от индивидуальных поведенческих характеристик животных.

Список литературы

1. Балакирева Г.А. Влияние кофеина на поведенческие эффекты двухнедельной алкоголизации самцов белых крыс с разным уровнем депрессивности / Г.А. Балакирева, Е.А. Балакирева // Ученые записки КФУ. – 2023. – Т. 9 (75), № 2. – С. 12-28. – DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-2-12-28
2. Балакирева Г.А., Балакирева Е.А. Оценка возможности коррекции психоэмоциональных расстройств у алкоголизированных крыс при стимуляции дофаминергической передачи / Г.А. Балакирева, Е.А. Балакирева // Ученые записки КФУ. – 2024. – Т. 10 (70), № 1. – С. 16-34. – DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-16-34
3. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д.П. Хьюстон. – Москва: Медицина, 1991. – 399с. – ISBN 5-06-001729-X.
4. Исмаилова Х.Ю. Индивидуальные особенности поведения (моноаминергические механизмы) / Х.Ю. Исмаилова, Т.М. Агаев, Т.П. Семенова. – Баку: Нурлан, 2007. – 228с. – ISBN 978-9952-8094-0-4.
5. Сметанин В.А. Влияние этанола на уровень нейропептидов в организме / В.А. Сметанин, Ж.С. Бардинова, О.П. Петрушова, М.Т. Генгин // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2008. – № 10 (14). – С. 49-53. – EDN JVAWVV.
6. Судаков К.В. Экспериментальные подходы к индивидуальной медицине: зависимость эффектов фармакологического воздействия от характера поведения животных / К.В. Судаков, А.В. Котов, С.С. Перцов // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2004. – № 1. – С. 51-57. – EDN TYAAUL.
8. Фролова Г.А. Оценка корректирующего влияния сульпирида на поведенческие нарушения алкоголизированных самцов белых крыс с разным уровнем депрессивности / Г.А. Фролова // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2019. – Т. 63, № 2. – С.19-28. – DOI 10.25557/0031-2991.2019.02.19-28.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ДЛЯ МЕСТНОГО ЛЕЧЕНИЯ ИНФИЦИРОВАННЫХ РАН

Белоцерковская М.А.¹, ORCID 0009-0004-3019-144X,
Ищенко Р.В.¹, д-р. мед. наук, проф., ORCID 0000-0003-0260-6922,
Гасанов В.А.², канд. мед. наук, ORCID 0000-0001-6311-0838,
Голубицкий К.О.¹, канд. мед. наук, ORCID 0000-0002-0174-5798,
Турчин В.В.¹, ORCID 0000-0002-6461-4904,
Авраменко А.С.¹, ORCID 0009-0005-0530-0453,
Кисиленко И.А.¹, ORCID 0009-0006-6404-2930,
Портянов М.О.¹, ORCID 0009-0008-9268-2059,
Солонов М.В.¹, ORCID 0000-0001-7053-4428

¹ ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ

² ФГБУН «Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова» РАН, г. Москва, РФ
margarita-amb@mail.ru

Раневые инфекции остаются постоянной проблемой современного здравоохранения, от которой ежегодно страдают миллионы людей во всем мире. В настоящее время клинические методы лечения инфицированных ран в основном включают использование антибиотиков, что приводит, в частности, к нарушению микробного баланса кожи и развитию антибиотикорезистентности [1, 2]. В связи с этим внимание исследователей привлекает живая бактериальная терапия [3]. Пробиотики выделяются как естественные микробные сообщества, обладающие мощной антимикробной активностью [2]. Практическое применение живой бактериальной терапии ограничивается риском системных инфекций и высокой чувствительностью пробиотиков к внешним условиям (температуре, влажности, ферментам) [1,2]. В связи с этим в последнее время активно идет разработка носителей для доставки пробиотиков в рану.

Цель работы – оценить потенциал раневых покрытий различных видов с включением живых пробиотиков для стимулирования процесса заживления инфицированных ран.

Для того, чтобы определить виды раневых покрытий, потенциально перспективных для применения живой пробиотической терапии инфицированных ран, был проведен систематический обзор. Поиск публикаций проводился по базам данных PubMed и Dimensions по ключевым словам «wound», «probiotic», «lactobacillus». Глубина поиска: с 01.01.2015 по 09.08.2025.

Критерии включения в исследование: в состав исследуемого препарата входит живой пробиотик; проведено исследование бактериостатического эффекта препарата; проведен анализ заживления ран

на модели *in vivo* на лабораторных животных. Критерии исключения: в состав исследуемого препарата входят не живые бактерии, а супернатант или постбиотики; отсутствует доступ к полнотекстовой версии статьи.

Поиск литературы выявил 27 исследований, отвечающих данным критериям. Несмотря на то, что глубина поиска составляла 10 лет, самая ранняя статья, вошедшая в обзор, датируется 2019 годом. Это связано с тем, что активное исследование применения живой пробиотической терапии для лечения ран началось сравнительно недавно. В более ранних работах чаще используются убитые бактерии, супернатант или отдельные бактериальные метаболиты. Такой альтернативный подход снижает опасения относительно безопасности применения пробиотиков для модуляции микробиома раны [4]. Однако известно, что механизмы действия пробиотиков, связанные с улучшением заживления ран, носят разнообразный характер и включают секрецию молочной кислоты и других антипатогенных молекул, понижение pH, стимуляцию иммунной системы хозяина, распад биопленок, активацию неоангиогенеза и т.д. [5]. С этой точки зрения, включение в состав раневых покрытий живых пробиотиков может повышать эффективность лечения.

В большинстве исследований эффекторные микроорганизмы относились к семейству *Lactobacillaceae*. Отдельные пробиотические штаммы показали особую перспективность в модуляции процессов заживления ран: *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus reuteri*, *Bacillus subtilis*.

В 3 работах бактериальную пробиотическую суспензию наносили на рану без использования дополнительного носителя. Прямое нанесение пробиотиков на раны может вызвать осложнения. Их тенденция к быстрому росту и колонизации связана с риском неконтролируемого распространения. Их потенциальное вытеснение внешними факторами, кожной микробиотой, иммунной системой хозяина может потребовать повторных применений. Следовательно, разработка системы-носителя, которая контролирует высвобождение пробиотиков в раны, имеет решающее значение. Проблемы стабильности на ранах можно решить, используя каркасы или полимеры, которые претерпевают фазовые переходы во влажной ране, образуя вязкие гели. Большинство материалов, используемых для инкапсуляции пробиотиков, представляют собой натуральные полимеры с адгезивными и гелеобразующими свойствами.

В 10 статьях в качестве носителя для пробиотика был выбран гидрогель. В 7 исследованиях – различные каркасы и пленки, в том числе, из наноматериалов. В 4 работах пробиотики наносились на рану в составе сухого порошка из микрочастиц, которые разбухали при контакте с раневой средой. Также применялись гель, эмульгель, мед.

Во всех исследованиях пробиотики показывали хорошую ингибирующую активность против изучаемых патогенов, таких, как *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и т.д.

Во всех исследованиях *in vivo* изучаемый экспериментальный препарат ускорял заживление раны по сравнению с контролем. Однако, сравнение с носителем, не содержащим пробиотических микроорганизмов, показывало разные результаты. Так, микрочастицы поливинилового спирта, содержащие *Bacillus subtilis*, не отличались по эффективности от пустых микрочастиц [6]. Многие гидрогели, не содержащие пробиотиков, показывают собственный ранозаживляющий эффект за счет набухаемости и гемостатического действия.

В рамках совместного проекта с ФГБУН «Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН» была проведена модификация лактобактерий путем введения вектора, содержащего антимикробный пептид SE-33, эффективный в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий, в том числе антибиотикорезистентных. Результаты проведенного систематического обзора будут использованы для выбора и разработки носителей для трансгенной линии лактобактерий и изучения их биологической активности.

Пробиотики могут быть использованы в лечении широкого спектра ран, осложненных микробными инфекциями. Повязки, содержащие пробиотические компоненты, обеспечивают лучшие результаты заживления ран и контроля инфекций. Ограничением применения таких повязок и раневых покрытий в клинических условиях являются опасения по поводу их безопасности и необходимость поддержания стабильности продукта. Разработка подобных материалов в настоящее время является приоритетным направлением исследований.

Исследования проводились в рамках гранта РНФ №25-15-20602.

Список литературы

1. Highly active probiotic hydrogels matrixed on bacterial EPS accelerate wound healing via maintaining stable skin microbiota and reducing inflammation / H. Xu et al // *Bioactive Materials*. – 2024. – Vol. 35. – P. 31-44. – DOI 10.1016/j.bioactmat.2024.01.011
2. Evaluation of living bacterial therapy assisted by pH/reactive oxygen species dual-responsive sodium alginate-based hydrogel for wound infections / Y.Miao // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2024. – Vol. 271. – 132536. – DOI 10.1016/j.ijbiomac.2024.132536
3. Living Bacterial Hydrogels for Accelerated Infected Wound Healing / Z. Ming et al // *Advanced Science*. – 2021. – Vol. 8, No 24. – 2102545. – DOI 10.1002/advs.202102545
4. Enhancement of burn wound healing using optimized bioactive probiotic-loaded alginate films / M Pirouzzadeh, F Moraffah, N Samadi, M Sharifzadeh, H Motasadizadeh, A. Vatanara // *International journal of biological macromolecules*. – 2025. – Vol. 301. – 140454. – DOI 10.1016/j.ijbiomac.2025.140454.
5. Probiotics in Wound Healing / V.A. Bădăluță, C. Curuțiu, L. M. Dițu, AM. Holban, V. Lazăr // *International journal of molecular sciences*. – 2024. – Vol. 25, No 11. – 5723. – DOI 10.3390/ijms25115723.
6. *Bacillus subtilis* in PVA Microparticles for Treating Open Wounds / N. Ben David et al // *ACS Omega*. – 2021. – Vol. 6, No 21. – 13647-53. – DOI 10.1021/acsomega.1c00790

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ОЦЕНКИ ЦИФРОВЫХ НАВЫКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ГРАМОТНОСТИ

Болдырева М.А., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0001-9164-7296
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
mpavlovskaya@mail.ru

В современном высокотехнологичном обществе развитие навыков цифровой грамотности имеет большое значение для развития национальной экономики, индивидуального развития каждого человека независимо от возраста, и для социума в целом.

Системный анализ научной литературы показывает, что термин «цифровые навыки» довольно быстро эволюционирует. За последние 30 лет под цифровой грамотностью стали понимать не только навыки эффективной работы с цифровыми устройствами, но и способность индивида для критической оценки, анализа и обобщения поступающих сведений из онлайн-пространства, для профессиональной деятельности, социального взаимодействия, обучения, и пр. [1].

Согласно НАФИ, а также в соответствии с классификацией системы цифровой компетенции граждан DigComp базовые навыки включают: информационную грамотность, компьютерную грамотность, коммуникативную грамотность, медиаграмотность и кибербезопасность. Однако используемые методы оценки являются комплексными и достаточно субъективными (опрос, интервью и пр.) [2].

В соответствии с авторской позицией, цифровой навык – это «кластер надпрофессиональных компетенций», где базовой единицей информационной грамотности (с греческого *gramma* означает буква, чтение, письмо) выступают поведенческие навыки сенсомоторной интеграции: глазодвижительного навыка, скроллинга, чтения, набора текста на клавиатуре, анализа вербальной и невербальной информации, счета, поиска и сортировки, навигации по контенту, загрузки файлов, внесения информации, копирования информации, скачивания и сохранения и пр. [3]. В связи с этим, целью настоящего исследования было рассмотрение нейрофизиологических процессов информационной грамотности цифровых навыков.

В основу оценки глазодвижительного навыка в процессе чтения, восприятия информации, скроллинга положены качественные и количественные параметры: частота и длительность саккад, время фиксации на объекте, количество повторных саккад, стратегии перемещения взора. Этот навык зависит от скорости и точности саккад. При перемещении взгляда активируются области фронтального глазодвижительного поля,

дополнительного глазодвигательного поля и некоторые области височной и затылочной коры.

Сенсорный навык восприятия информации определен как статический элемент, охватывающий стадии обнаружения, различения и принятия сенсорного решения, классификации, категоризации объектов и базируется на показателях времени фиксации взора, количествах повторных саккад и фиксаций (на зрительных объектах). Активация наблюдается в сенсорно-специфических областях коры мозга (зрительной, слуховой).

Чтение относится к самым новым высшим рефлексорным функциям в фило- и онтогенезе, требующим специально организованного обучения. Известно, что процессы чтения обеспечиваются работой нижней лобной, височно-теменной, нижневисочной и затылочно-височной зон левого полушария [4]. Изменения когерентности в диапазоне колебаний 1–10 Гц свидетельствуют о глобальной языковой обработке, процессах памяти и внимания, сопутствующих восприятию вербальных символов. Категоризация слов к конкретным частям речи приводит к активации гамма-активности: для существительных – зрительных областей, для глаголов – моторных [5].

Письменная речь включает в себя различные подпроцессы: анализ входящей информации, доступ к орфографической репрезентации слова, временное хранение в рабочей памяти. К специфичным системам анализа, отвечающим за письменную речь, относят левую веретенообразную извилину / среднюю лобную извилину, левую внутриполостную борозду / верхнюю теменную область и передний мозжечок, а также неспецифические зоны: моторных (моторная кора, дополнительная моторная область, таламус и скорлупа чечевицеобразного ядра) или лингвистических процессов (вентральная премоторная кора, задняя / нижняя височная кора).

Современные исследования показали, что ряд профессий интеллектуального характера связаны с решением когнитивных вербальных задач и задач на умственную арифметику, вовлекающие языковой компонент или математическую логику. Выдвинуто предположение о существовании специфической арифметической нейронной сети с активностью в тета и бета диапазонах. Исследования часто демонстрируют взаимосвязь между мозговыми механизмами математических умений и чтением, о «нейронном перекрытии» в левой височно-теменной коре, где происходит фонологическая петля анализа информации (т.е. фонологическое представление и процесс арифметического извлечения фактов) [6].

Наиболее распространенным применением моторных навыков в рамках цифровизации является пользование клавиатурой и манипулятором мышь. Сенсомоторный навык отражает работу координации системы отображения информации и двигательного ответа. Нами были предложены

способы оценки параметров сенсомоторного навыка на основе скорости его выполнения, количества ошибок, уровня и концентрации внимания в ходе его выполнения [3]. Набор текста на клавиатуре (тайпинг) описан с помощью модели двух петель обратной связи [7], где внешняя петля отвечает за процесс формулирования предложения, а внутренняя – за непосредственную реализацию печати. Подготовка моторного ответа может выражаться в виде колебаний в бета-диапазоне частот (15-30 Гц), отражает уровень когнитивной нагрузки, возникающей в процессе печати и связанной с работой исполнительного контроля. Появление тета-активности в фронтально-медиальной области при копировании текста свидетельствует об общем повышении когнитивной нагрузки в процессе печати, а асинхронизация в теменных и затылочных областях в диапазоне тета- и альфа-ритмов, проявляющаяся непосредственно после сенсорной печати, свидетельствует о распределении когнитивных ресурсов.

Полученные данные могут в дальнейшем быть использованы при оценке цифровых навыков у сотрудников интеллектуального труда, разработке адаптивных нейротренажеров для образовательных целей.

Список литературы

1. Ferrari A. Digital competence in practice: an analysis of frameworks // JRC Technical Reports. – Institute for Prospective Technological Studies, European Union, 2012. – 91 p.
2. Диагностика цифровых компетенций сотрудников/ – URL <https://nafi.ru/method/diagnostika-tsifrovyykh-kompetentsiy-sotrudnikov/> (дата обращения 27.09.2025)
3. Болдырева М.А. Мониторинг психомоторных навыков, используемых в процессе электронного обучения // Труды XXI Международного междисциплинарного конгресса «Нейрофизиология для медицины и психологии». Россия, Судак; 30 мая – 10 июня 2025 г. / Под ред. Е.В. Лосевой и Н.И. Хорсевой – Москва: МАКС Пресс, 2025. – с. 55. DOI 10.29003/m4419.sudak.ns2025-21/55-56
4. Dehaene S., Cohen L. The unique role of the visual word form area in reading // Trends in Cognitive Sciences. – 2011. – Vol. 15, No. – 6. P. 254–262.
5. Pulvermüller F., Lutzenberger W., Preissl H. Nouns and Verbs in the Intact Brain: Evidence from Event-Related Potentials and High-Frequency Cortical Responses // Cereb. Cortex. 1999. – Vol. 9, No. 5. – P. 497–506.
6. De Smedt B., Ansari D., Grabner R.H. et al. Cognitive neuroscience meets mathematics education: It takes two to Tango // Educational Research Review. – 2011. – Vol. 6, No. 3. – P. 232–237.
7. Logan G.D., Crump M.J. Hierarchical control of cognitive processes: The case for skilled typewriting // Psychology of learning and motivation / Ed. B.H. Ross. Burlington: Academic Press. – 2011. – Vol. 54. – P. 1-27. DOI10.1016/B978-0-12- 385527-5.00001-2

ГИГИЕНА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

Бочарова П.О., ORCID 0009-0005-1142-0064,

Лахно В.А., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0002-9014-9647,

Якса У.С., ORCID 0009-0008-0229-8839

Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт им.С.И. Георгиевского ФГАОУ
ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, РФ
nihil1343@icloud.com, L79787462290@mail.ru, miss.ulyashaaaa@vk.com

*«...необходимо твёрдо помнить, что укрепление здоровья Красной Армии есть в
то же время укрепление её боеспособности»
Маршал Советского Союза К. Ворошилов*

При проведении Специальной военной операции (далее – СВО) важно сохранение боеспособности войск, что включает проведение государственного санитарно-противоэпидемического надзора за условиями размещения личного состава в поле, оборонительных сооружениях, населённых пунктах и контроль соблюдения требований личной и коллективной гигиены. Все войны сопровождались эпидемиями, а санитарные потери нередко превышали безвозвратные потери на поле боя. Полевая гигиена направлена на снижение не связанных с боевыми действиями потерь через предотвращение проблем со здоровьем военнослужащих, добровольцев и гражданского персонала, привлечённого для выполнения задач в зоне боевых действий. Один из самых важных аспектов в жизни бойца – поддержание гигиены в условиях СВО: соблюдение правил личной и коллективной гигиены, организация питания, санитарно-гигиенические противоэпидемические требования при размещении и выполнении поставленных задач, профилактика заболеваний, обеспечение медицинской помощи, психологическая поддержка.

История всех прошлых войн показывает, что заболевания и эпидемии выводили из строя бойцов больше, чем оружие противника. «312. *Каждый военнослужащий обязан строго следить за выполнением правил личной гигиены, причем первое и основное правило – это чистота тела и одежды*» [1] (УВС-37), обеспечивающие сохранение его здоровья и здоровья боевых товарищей.

Целью работы является анализ имеющихся данных по соблюдению санитарно-гигиенических условий военнослужащими, добровольцами, гражданским персоналом, привлечёнными для выполнения задач в зоне боевых действий при проведении СВО и изучение уровня влияния новых гигиенических приспособлений на быт в полевых условиях.

Проведение СВО требует от военнослужащих соблюдения правил личной и общественной гигиены, санитарно-противоэпидемического режима при размещении и выполнении поставленных задач. Правила организации быта, питания, водоснабжения военнослужащих, создание условий для их размещения, и выполнения поставленных задач прописаны в действующих ведомственных

нормативных документах [2], но в условиях СВО возникают вопросы, требующие дополнительного изучения, например, гигиена труда личного состава при работе с беспилотными летательными аппаратами и при ремонте и восстановлении боевой техники.

В полевых условиях очень важно тщательно защитить все участки тела от влияния патогенной микрофлоры, вирусов и других инфекционных агентов. Уязвимыми становятся все органы и системы организма, особенно часто страдает мочеполовая система, поэтому важное профилактическое мероприятие – это соблюдение правил личной гигиены. Регистрируются болезни кожи и подкожной клетчатки, заболевания ротовой полости. Простое несоблюдение правил мытья рук может привести и к проблемам с кишечником. При невозможности использования воды и мыла, возможно применение дезинфицирующих антибактериальных салфеток, губок, «сухого душа». В Крыму создан особый «армейский сухой душ»: в состав индивидуального пакета входят: лоскут дорнита, который пропитывается средством для ухода за лежачими больными, косметологическое полотенце, инструкция по применению. Достаточно нанесения капли воды, чтобы появилась пена и стало возможным провести гигиеническую очистку. Такой «сухой душ» оказался незаменимым и для раненых [3].

Общеизвестно, что несоблюдение правил личной гигиены приводит к острым кишечным инфекциям, интоксикация от бактерий – к высокой температуре, сильной слабости и диарее, потребуется обязательное лечение в условиях инфекционного стационара, а причина банальна – немытые руки. Несоблюдение режима мытья ног и смены носков (портянок) может привести к развитию микоза стоп, сильным болям при ходьбе, а сильная потливость ног, особенно в жаркое время года, провоцирует возникновение потертостей кожи, мозолей, опрелости, а в холодное время приводит к обморожениям. При попадании в потертости и мокнущие мозоли инфекции, впоследствии может развиваться гангрена. Редкое мытье головы может приводить к проявлению педикулеза, а зуд и расчески – к появлению гнойников. Максимально короткая стрижка позволит содержать голову в чистоте, а обработка водой или антисептиками рук и ног, открытых частей тела и интимной зоны позволяют смыть патогенную микрофлору, восстановить естественный жировой слой кожи, выровнять показатель pH и спасти от многих заболеваний, которые могут вывести из строя бойца.

Очень удобными оказались пенные губки на основе антиаллергенного геля с антибактериальным действием; он быстро нейтрализуется, не сушит кожу и не смывает с неё липидную плёнку. При отсутствии доступа к воде волосы очищают сухими шампунями. При отсутствии условий помывки личного состава, необходим запас одноразовых вещей, что существенно облегчает быт в полевых условиях. В пунктах постоянной или временной дислокации личного состава работают постирочные пункты, солдатские бани, в т.ч. и передвижные, оборудованные на грузовике ГАЗ-66 [3], что значительно облегчает соблюдение правил личной и общественной гигиены.

Важными гигиеническими мероприятиями являются: предупреждение переохлаждений, особенно ног, организация полноценного горячего питания, санитарный надзор за хранением пищевых продуктов и технологией приготовления блюд во избежание пищевых отравлений среди личного состава. Особую осторожность необходимо проявлять на неприятельской территории, где вода и пищевые продукты могут быть отравлены или же умышленно заражены. Питьевую воду использовать только проверенную, прокипяченную или же применять обеззараживающие таблетки. Доброкачественная пища не менее важна, чем наличие снарядов, но полевые кухни могут быть не на всех направлениях, поэтому «традиционный камбуз» заменяет индивидуальный рацион питания (ИРП), который, кроме сухого пайка, включает таблетки сухого спирта для разогрева пищи. Крымские волонтеры готовят для бойцов сублимированные первые и вторые блюда, которые можно заливать кипятком, либо проваривать на огне. Для снайперов и разведчиков предложены сухие каши, созданные на основе крупы, овощей, мяса и специй, которые размачиваются во рту слюной. Люди со всего полуострова сушат мясо, овощи, фрукты, готовят сублимированные порционные питательные обеды для бойцов [5]. Одним из важных вопросов является утилизация бытовых и пищевых отходов (засыпание, закапывание), а при нахождении в местах постоянной дислокации – оборудование отхожих мест, которые также необходимо засыпать. Важный предмет – походная аптечка, в которой д.б. препараты, помогающие при инфекции мочевыводящих путей, кандидозе, препараты от цистита, обезболивающие, антибиотики.

Соблюдение правил личной и общественной гигиены, санитарно-противоэпидемического режима, профилактика заболеваний среди личного состава, добровольцев, гражданского персонала, привлечённого для выполнения задач в зоне боевых действий, является основой профилактической работы по недопущению возникновения осложнений эпидемической обстановки, сохранения здоровья и выполнения поставленных задач Специальной военной операции.

Список литературы

1. Устав внутренней службы РККА 1937 (УВС-37). – Москва: Воениздат, 1938. – 132 с.
2. Об утверждении Правил организации размещения и быта войск при расположении в полевых условиях (лагерях): Приказ Министра обороны Российской Федерации №39, 28 января 1996 года. – Текст : электронный // Кодекс: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901850120> (дата обращения: 30.09.2025).
3. Русский солдат должен быть чист: крымчанки придумали способ мытья в окопе. – Текст : электронный // ForPost: [сайт]. – URL: <https://sevastopol.su/news/russkiy-soldat-dolzhen-byt-chist-krymchanki-privdumali-sposob-mytya-v-okope> (дата обращения: 30.09.2025).
4. Душ – это дождь: мобилизованный самарец рассказал, как бойцы моются в зоне СВО. – Текст : электронный // 63.RU: [сайт]. – URL: <https://63.ru/text/world/2023/07/26/72533309/> (дата обращения: 30.09.2025).
5. Высокая кухня: как крымчанка начала готовить еду для участников СВО. – Текст : электронный // ForPost: [сайт]. – URL: <https://sevastopol.su/news/vysokaya-kuhnya-kak-krymchanka-nachala-gotovit-edu-dlya-uchastnikov-svo> (дата обращения: 30.09.2025).

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФИЛАКТИКИ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

Буловацкая Д.В., ORCID 0009-0009-2309-8681,
Пивнев Б.А., канд. мед. наук, доц., ORCID 0009-0008-0864-8289
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет
имени М. Горького», г. Донецк, РФ
daria.bulav@mail.ru

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространённая аритмия, ассоциированная с высоким риском тромбоэмболических осложнений (ТЭО), в частности, ишемического инсульта, что делает её одной из ведущих причин инвалидности и смертности в кардиологии. Эффективная профилактика этих осложнений является одной из первоочередных задач, требующей применения современных диагностических и терапевтических подходов.

Цель – обобщение и систематизация данных зарубежной и отечественной научной литературы о перспективных стратегиях профилактики ТЭО у пациентов с ФП.

ФП характеризуется потерей скоординированных сокращений предсердий, что приводит к застою крови в ушке левого предсердия – зоне, наиболее предрасположенной к тромбообразованию. Электрофизиологическими механизмами ФП являются очаговая автоматия и повторный ход волны возбуждения, приводящие к хаотичной активации предсердий с частотой до 350–700 в минуту. Структурное ремоделирование и фиброз предсердий усиливают этот процесс, нарушая нормальный кровоток, что активирует триаду Вирхова: замедление кровотока, изменение сосудистой стенки и гиперкоагуляцию. Этот патогенез, в свою очередь, обуславливает высокую вероятность формирования тромбов в левом ушке, способных эмболизировать сосуды и вызывать острые нарушения кровообращения или другие системные осложнения. В настоящее время профилактика ТЭО у пациентов с ФП основывается на комплексном подходе, включающем оценку риска, подбор рациональной антитромботической терапии и регулярный мониторинг эффективности и безопасности лечения.

Современные клинические рекомендации Европейского общества кардиологов и Американской коллегии кардиологов предусматривают использование шкалы CHA₂DS₂VASc для стратификации риска ТЭО у больных с ФП, не связанной с поражением клапанов сердца [1]. Данная шкала применяется в качестве скринингового метода выявления пациентов

из группы высокого риска, поэтому для удобства использования в повседневной практике в нее включены только клинические данные.

Помимо традиционных факторов риска по шкале CHA₂DS₂VASc, значимыми предикторами тромбоза ушка левого предсердия являются форма ФП, наличие феномена спонтанного контрастирования в левом предсердии или ушке левого предсердия, снижение пиковой скорости кровотока в ушке левого предсердия и морфологический тип ушка. Медикаментозная профилактика ТЭО у пациентов с ФП основана на применении преимущественно пероральных антикоагулянтов (ПОАК) и антагонистов витамина К.

ПОАК широко используются для профилактики ТЭО у пациентов с ФП, включая пациентов с тромбозом ушка левого предсердия. ПОАК показали высокую эффективность в разрешении тромбов и низкий риск серьезных кровотечений при правильном подборе дозы. Стоит отметить, что основой для оценки риска кровотечений перед назначением ПОАК остается шкала HAS-BLED [1]. Антагонисты витамина К (варфарин) также традиционно применяются для профилактики острых нарушений кровообращения, однако, требуют регулярного контроля международного нормализованного отношения (МНО) и имеют более высокий риск внутримозговых кровотечений по сравнению с ПОАК.

Согласно исследованиям ARISTOTLE, AUGUSTUS и AMPLIFY, ПОАК, в частности, апиксабан, по меньшей мере не уступают, а в некоторых случаях даже превосходят варфарин в плане профилактики инсульта и системной эмболии у пациентов с ФП по своей эффективности и безопасности. При неклапанной ФП было отмечено снижение частоты инсультов или системных эмболий на фоне приема апиксабана на 20–35 % по сравнению с варфарином. В одном из отчетов отмечалось снижение частоты серьезных кровотечений во время приема апиксабана на 36–51 % по сравнению с варфарином, при котором частота кровотечений достигала 10,34 % [2, 3]. Также для профилактики ТЭО возможно назначение антиагрегантов, однако эффективность препаратов данной группы существенно ниже по сравнению с ПОАК.

В настоящее время ведутся активные исследования по применению новых классов антикоагулянтов (например, ингибиторов фактора XIa) и противовоспалительных препаратов (колхицина) для вторичной профилактики инсульта у пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП).

Ингибиторы фактора XIa, в частности абелакимаб, являются новыми оральными антикоагулянтами, разрабатываемыми с целью снижения риска ТЭО при ФП с меньшим риском кровотечений по сравнению с традиционными антикоагулянтами. Эти препараты находятся в стадии клинических испытаний, и демонстрируют перспективные результаты по безопасности и эффективности. Колхицин изучается как препарат для вторичной профилактики инсульта у пациентов с ФП, который снижает

уровни воспалительных маркеров и способен предотвращать рецидивы аритмии после абляции легочных вен [5].

Немедикаментозной альтернативой профилактики ТЭО при ФП является хирургическая и чрескожная окклюзия ушка левого предсердия, которая назначается пациентам с противопоказаниями к длительной антикоагулянтной терапии, высоком риске кровотечений. Процедура предполагает имплантацию специального устройства, блокирующего доступ тромбов из ушка в системный кровоток, что существенно снижает риск ишемических осложнений. Также перспективным направлением для пациентов с высоким риском осложнений является комбинация абляции ФП с предварительным применением антикоагулянтов и окклюзии ушка левого предсердия [4].

Риск тромбоэмболии у пациентов с ФП обусловлен интракардиальным стазом крови и повышенной тромбообразующей активностью, что требует обязательного использования антитромботической терапии. Современные методы профилактики включают как традиционные варианты лечения, так и инновационные стратегии, в частности, применение ПОАК, которые превосходят по безопасности и эффективности ранее используемые препараты. Кроме того, использование инструментов для оценки риска ТЭО (шкала CHA₂DS₂-VASc), позволяет индивидуализировать терапию.

Список литературы

1. Мещерина, Н. С. Фибрилляция предсердий: обзор руководства Европейского общества кардиологов и национальных рекомендаций 2020 года / Н. С. Мещерина, Е. М. Хардинова, И. А. Сараев // Курский научно-практический вестник Человек и его здоровье. – 2020. – № 4. – С. 21-29. – DOI 10.21626/vestnik/2020-4/03. – EDN KTVSMJ.
2. Явелов, И. С. Апиксабан при неклапанной фибрилляции предсердий и лечении венозных тромбоэмболических осложнений: универсальное преимущество по безопасности у разных категорий больных / И. С. Явелов // Медицинский совет. – 2020. – № 14. – С. 48-54. – DOI 10.21518/2079-701X-2020-14-48-54. – EDN WUNNIP.
3. Воробьева, Н. М. Профилактика инсульта у пожилых пациентов с фибрилляцией предсердий: возможности апиксабана / Н. М. Воробьева, О. Н. Ткачева // Российский журнал гериатрической медицины. – 2020. – № 2. – С. 138-146. – DOI 10.37586/2686-8636-2-2020-138-146. – EDN VQEUUX.
4. Non-Pharmacological Stroke Prevention in Atrial Fibrillation / I. Anduaga, A. Affronti, P. Cepas-Guillén [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2023. – Vol. 12, No. 17. – P. 5524. – DOI 10.3390/jcm12175524. – EDN KARCMQ.
5. Stroke Prevention in Atrial Fibrillation: Looking Forward / A. H. Katsanos, R. G. Hart, H. Kamel, J. S. Healey // Circulation. – 2020. – P. 2371-2388. – DOI 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.049768. – EDN CTAQPS.

РОЛЬ КИШЕЧНОЙ МИКРОБИОМЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ РЕВМАТОИДНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Гаврилюк А.В., ORCID 0009-0002-6163-5811,

Стефано Е.А., ORCID 0000-0002-3513-3212

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет
имени М. Горького», г. Донецк, РФ
aleksandra.gavriluk@mail.ru

Кишечная микробиота играет ключевую роль в патогенезе таких ревматических заболеваний, как ревматоидный артрит (РА), анкилозирующий спондилит (АС), псориатический артрит (ПсА) и ювенильный идиопатический артрит (ЮИА), а также других аутоиммунных патологий. Исследование микробиоты открывает новые горизонты для их ранней диагностики, профилактики и совершенствования подходов к лечению. Последние исследования показывают, что у пациентов с РА часто выявляется дисбактериоз кишечника, который проявляется увеличением количества условно-патогенных энтеробактерий, обнаруживаемых в 54,28% случаев, а также микроорганизмов с гемолитической активностью, встречающихся в 55,71% случаев.

Настоящее исследование направлено на глубокое понимание роли кишечной микробиоты в развитии ревматоидных заболеваний. Основное внимание уделяется механизмам взаимодействия между микробиомом и иммунной системой, а также выявлению возможных микробиологических маркеров, которые могут стать основой для ранней диагностики, прогностической оценки и создания новых терапевтических подходов.

Несмотря на то, что точные причины большинства ревматоидных заболеваний остаются загадкой, последние исследования проливают свет на их связь с аутоиммунными реакциями и нарушенным взаимодействием иммунной системы с кишечной микрофлорой. У пациентов с ревматоидным артритом (РА) часто наблюдается измененный состав кишечной микробиоты, который считается ключевым фактором, приводящим к иммунным дисфункциям. Разнообразие бактериальных штаммов оказывает различное воздействие на иммунный ответ: некоторые стимулируют его, другие – подавляют. Так, например, сегментированные филаментозные бактерии (SFB) способствуют увеличению числа Т-хелперов 17, а *Bacteroides fragilis*, напротив, усиливает активность регуляторных Т-клеток, что потенциально может смягчать течение аутоиммунных заболеваний.

Новые данные убедительно свидетельствуют о том, что дисбаланс микрофлоры может инициировать и поддерживать хроническое воспаление при РА и спондилоартритах. Значение кишечного микробиома в развитии

аутоиммунных заболеваний подтверждается как на животных моделях, так и в клинических исследованиях. Например, исследование, проведенное в ФГБНУ «НИИ КиЭР им. А.Б. Зборовского», показало, что микробиом кишечника у пациентов с ранними признаками РА значительно отличается от микробиома здоровых людей. Это указывает на то, что дисбиоз может предшествовать развитию заболевания. В эксперименте с мышами SKG было установлено, что пересадка микробиоты, содержащей преобладающее количество *Prevotella* от пациентов с РА, приводит к развитию артрита, опосредованного клетками Th17. Это свидетельствует о связи между составом микробиоты и активацией воспалительных иммунных путей. Хотя механизмы, повышающие предрасположенность к заболеваниям, еще не полностью раскрыты, существует гипотеза, что локальный тканевой стресс может приводить к модификации пептидов и образованию антител, что является общим патологическим процессом при иммунных нарушениях.

Молекулярная мимикрия является важным механизмом, способствующим развитию различных заболеваний. Исследования показывают, что бессимптомные инфекции, вызванные бактериями *Proteus* и *Klebsiella*, могут запускать аутоиммунные процессы при РА и АС. Этот процесс заключается в том, что антигены бактерий напоминают человеческие белки, что может привести к ошибочной атаке иммунной системы на собственные ткани организма.

Патофизиологические пути, связывающие кишечную микробиоту с артритом, многогранны. Они включают активацию антигенпрезентирующих клеток, цитруллинизацию пептидов, антигенную мимикрию, нарушение барьерной функции кишечной слизи, дисрегуляцию иммунной системы и усиление воспалительных процессов, опосредованных Th17-клетками.

Также следует подчеркнуть важность оси «кишечник–мозг–иммунитет». Микробиота синтезирует нейротрансмиттеры, такие как серотонин, дофамин и ГАМК, которые оказывают влияние на наше настроение и поведение. Кроме того, микробиота регулирует проницаемость кишечника. При её нарушении токсины и антигены могут проникать в кровь, что приводит к активации иммунного ответа. Баланс микробиоты также играет ключевую роль в уровне воспаления в организме, включая процессы, связанные с аутоиммунными заболеваниями.

Актуальные научные исследования подтверждают критическую роль кишечной микробиоты в патогенезе ревматоидных заболеваний. Дисбаланс микробиома, характеризующийся снижением численности противовоспалительных бактериальных популяций и нарушением целостности кишечного барьера, может инициировать каскад системного воспаления и аутоиммунных реакций. Важно отметить ось «кишечник–мозг–иммунитет», демонстрирующую, как микробиота воздействует не только на иммунную систему, но и на психоэмоциональное состояние

пациентов. Эта взаимосвязь подтверждается результатами экспериментов и клиническими наблюдениями. Глубокое осмысление данных механизмов открывает новые горизонты для создания инновационных диагностических маркеров и терапевтических стратегий. К ним относятся методы модуляции микробиома, применение пробиотических и нутрицевтических препаратов, а также интегративные подходы, учитывающие нейроиммунные взаимодействия. В свете вышеизложенного, кишечная микробиота выступает как значимый этиологический фактор ревматоидных заболеваний и представляет собой перспективную область для дальнейших фундаментальных и прикладных исследований.

Список литературы

1. Кунст М. А., Якупова С. П., Зинкевич О. Д., Абдракипов Р. З., Афанасьева М. А., Сухорукова Е. В. Роль микробной инфекции и проницаемости кишечника в патогенезе ревматоидного артрита // ПМ. – 2014. – №4 (80). – URL: cyberleninka.ru (дата обращения: 20.09.2025).
2. Ли Дж., Кун К. А. Микробные нити в ткани ревматоидного артрита // J Clin Invest. – 2025. – Т. 135, №18. – e195374. – DOI 10.1172/JCI195374.
3. Спицина С. С., Тинаева Р. Ш. Роль микробиома в развитии ревматоидного артрита и возможные методы его коррекции: обзор / С. С. Спицина, Р. Ш. Тинаева. – Волгоград: Медицинский алфавит, 2023. – №9. – С. 51–56. – DOI 10.33667/2078-5631-2023-9-51-56.
4. Чжао Т., Вэй Ю., Чжу Ю., Се Ц., Хай Ц., Ли Ц., Цинь Д. Микробиота кишечника и ревматоидный артрит: от патогенеза до новых терапевтических возможностей // Front. Immunol. – 2022. – Т. 13. – 1007165. – DOI 10.3389/fimmu.2022.1007165.
5. Maeda Y., Takeda K. Host-microbiota interactions in rheumatoid arthritis / Y. Maeda, K. Takeda; Osaka University. – Tokyo: Exp. Mol. Med., 2019. – Vol. 51, No. 12. – P. 1–6. – DOI 10.1038/s12276-019-0283-6.

УДК 616.12-008.46

SGLT2-ИНГИБИТОРЫ В ЛЕЧЕНИИ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Гмыря А.А., ORCID 0009-0007-4286-6901,
Щукина Е.В., д-р мед. наук, доц., ORCID 0000-0002-9022-6155
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет
имени М. Горького», г. Донецк, РФ
nastiagmirya03072003@list.ru

SGLT2-ингибиторы (ингибиторы натрий-глюкозного котранспортёра-2) представляют собой антигипергликемические препараты, активно применяющиеся в эндокринологии. За последние годы в многочисленных клинических исследованиях было продемонстрировано положительное влияние SGLT2-ингибиторов и на сердечно-сосудистую систему: выявлены снижение риска госпитализаций по поводу сердечной недостаточности,

уменьшение сердечно-сосудистой смертности, а при комплексной терапии сердечной недостаточности (СН) с добавлением SGLT2-ингибиторов у пациентов отмечалось уменьшение выраженности одышки, периферических отеков и других симптомов.

Цель – проанализировать современные исследования о влиянии SGLT2-ингибиторов на лечение сердечной недостаточности, определить патогенетические механизмы данных препаратов и клиническую значимость выявленных эффектов.

Натрий-глюкозные котранспортёры-2 располагаются преимущественно на эпителиальных клетках, выстилающих проксимальный извитой каналец нефронов. Благодаря действию SGLT2-ингибиторов происходит экскреция глюкозы с мочой, что приводит к снижению концентрации глюкозы в плазме крови и, как следствие, к уменьшению уровня гликированного гемоглобина (HbA1c). В свою очередь, уменьшение уровня HbA1c минимизирует повреждение сосудов, а также замедляет процессы окислительного стресса, что сводит риски сердечно-сосудистых осложнений практически к минимуму, благодаря улучшению эндотелиальной функции и нормализации метаболических процессов.

Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортёра-2 также способствуют натрийурезу. Натрийурез с усиленным диурезом снижают объем циркулирующей крови, что в свою очередь, приводит к снижению артериального давления и уменьшению пост- и преднагрузки на сердце [1]. Эти эффекты уменьшают застойные явления в легких и тканях, что предотвращает появление у пациента периферических отеков, гидроторакса, гидроперикарда, асцита.

SGLT2-ингибиторы способны улучшать и функцию миокарда: препараты этой группы блокируют интегральный белок NHE-1, находящийся на мембране кардиомиоцитов. При сердечной недостаточности наблюдается повышенная активность данного белка, меняется внутриклеточный pH и концентрация натрия. Натрий-глюкозные котранспортёры-2 активируют работу Na⁺/Ca-обменника: снижают концентрацию внутриклеточного натрия, увеличивают содержание митохондриального кальция, тем самым улучшая расслабление миокарда и снижая диастолическую дисфункцию при сердечной недостаточности.

SGLT2-ингибиторы активируют процессы утилизации кетоновых тел, в частности, бета-гидроксибутирата. Эффект обусловлен повышением концентрации кетонов в сыворотке крови за счёт активации экспрессии кетогенного фермента HMGCS2 в других тканях данными препаратами. Это, в свою очередь, приводит к повышению эффективности окисления в митохондриях кардиомиоцитов. В некоторых исследованиях показано, что окислительный стресс и гипергликемия способны менять структуру митохондрий: они делятся и фрагментируются. Для деления митохондрий необходимы такие белки как MFN1 и MFN2 (опосредуют слияние внешней

мембраны митохондрий), OPA1 (опосредует слияние внутренней мембраны) [2]. Отсутствие одного из этих белков способствует образованию различных типов фрагментированных митохондрий. SGLT2-ингибиторы нормализуют соотношение указанных белков, восстанавливая процессы как деления, так и слияния.

SGLT2-ингибиторы способны также улучшать сосудистую функцию за счёт снижения уровня мочевой кислоты. В проксимальных канальцах нефронов находится изоформа 2 GLUTE9 – специфический переносчик, который «обменивает» глюкозу на мочевую кислоту в просвет канальца. SGLT2-ингибиторы увеличивают концентрацию глюкозы в проксимальных канальцах, что заставляет данную изоформу реабсорбировать большие дозы глюкозы и экскретировать больше мочевой кислоты. В собирательных протоках высокая концентрация глюкозы препятствует реабсорбции мочевой кислоты.

Ингибиторы натрий-глюкозного котранспортёра-2 также предотвращают ремоделирование правого и левого желудочков, замедляют процессы фиброза в миокарде. Данный эффект обусловлен тем, что препараты индуцируют поляризацию макрофагов до фенотипа M2, ингибируя фенотип M1, что значительно снижает уровень коллагена I и уменьшает соотношение коллагена I и коллагена III, снижая накопление коллагена в миокарде.

При рассмотрении сигнального пути NO/sGC/цГМФ/PKG, было обнаружено, что при сердечной недостаточности снижается выработка NO, активность sGC и уровень цГМФ, что приводит к нарушению расслабления сердечной мышцы, и как следствие, к повышению артериального давления. SGLT2-ингибиторы восстанавливают работу данного пути: повышают концентрацию NO и цГМФ, активируют sGC и PKG, тем самым улучшая функцию сердца и уменьшая выраженность симптомов сердечной недостаточности.

В настоящее время показания к применению для лечения сердечной недостаточности были получены только для дапаглифлозина и эмпаглифлозина [3]. В многочисленных исследованиях продемонстрирован положительный эффект ингибиторов SGLT2 при добавлении к стандартному лечению СН.

SGLT2-ингибиторы представляют собой перспективный класс препаратов, которые способны улучшать гликемический профиль, оказывать кардио- и нефропротективные эффекты, что делает их особенно ценными для комплексной терапии сердечной недостаточности.

Список литературы

1. Ojha, B. Sodium-glucose co-transporter-2 inhibitors and heart failure with preserved ejection fraction: an updated meta-analysis of randomized controlled trials / B. Ojha, A. Khanal, D. Bhattarai [et al.] // Cardiovascular Diabetology. – 2023. – Vol. 22, no. 1. – P. 84. – DOI 10.1186/s12933-023-01816-5.

2. Li, C. Pleiotropic effects of SGLT2 inhibitors on cardiovascular system / C. Li, J. Zhang, Y. Lu [et al.] // Cardiovascular Diabetology. – 2021. – Vol. 20, no. 1. – P. 27. – DOI 10.1186/s12933-021-01220-7.
3. Khan, M. S. SGLT2 inhibitors and cardiac remodeling in heart failure with preserved ejection fraction: a systematic review and meta-analysis / M. S. Khan, J. K. Patel, A. A. Vaduganathan [et al.] // Cardiovascular Diabetology. – 2023. – Vol. 22, no. 1. – P. 227. – DOI 10.1186/s12933-023-02042-9.

УДК 615.849

ЭКСПРЕССИЯ NIS В АТИПИЧНЫХ КЛЕТКАХ ТРИЖДЫ НЕГАТИВНОГО РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Гузик А.А., ORCID 0000-0002-5833-3401,

Белокопытов Д.В., ORCID 0009-0006-3746-3924,

Демяшкин Г.А¹, д-р мед. наук, ORCID 0000-0001-8447-2600

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»,
г. Москва, РФ

Dr.dga@mail.ru, beldimbur@gmail.com

Натрий-йод симпортер (NIS) – это трансмембранный гликопротеин, экспрессируемый в первую очередь в клетках щитовидной железы, необходимый для захвата йода и дальнейшего синтеза тиреоидных гормонов [1]. Однако, существуют многочисленные данные, указывающие на aberrantную экспрессию данного белка в клетках доброкачественных и злокачественных новообразований молочной железы, что вероятно связано с активацией сигнальных путей и транскрипционных механизмов, в норме регулирующих в период поздних сроков беременности и лактации насыщение молока йодом, необходимым для нормального роста и развития новорожденного [2, 3]. Потому анализ особенностей экспрессии данного белка в низкодифференцированных карциномах молочной железы, ассоциированных с наибольшей мутационной нагрузкой, может представлять особый интерес для исследований в области канцерогенеза и возможного применения этих данных в разработке иных методов и стратегий лечения злокачественных новообразований [4].

Цель – оценка экспрессии NIS в атипичных клетках трижды негативного рака молочной железы.

Исследование было проведено на архивных парафиновых блоках пациентов (n=80) с установленным диагнозом инвазивная карцинома неспецифического типа (МКБ-О: 8500/3), трижды-негативный суррогатный молекулярно-генетический подтип. Парафиновые блоки исследовали иммуногистохимическим методом с применением антител к NIS

(NIS/SL5A5; Affinity Biosciences); подсчитывали окрашенные клетки, учитывая степень маркирования.

Во всех образцах (n=80) по результатам гистологического и иммуногистохимического исследования была выявлена морфологическая картина инвазивной протоковой карциномы молочной железы, трижды негативный суррогатный молекулярно-генетический подтип. При иммуногистохимическом исследовании в образцах трижды негативного рака молочной железы было обнаружено, что у большей части пациентов (n=56; 70%) определялась экспрессия NIS, остальные карциномы были NIS-негативными (рис.).

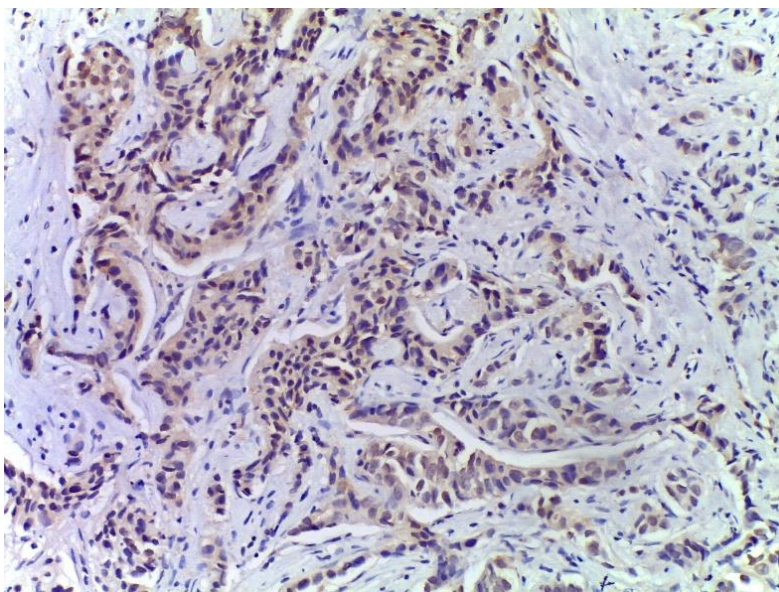


Рис. Иммуногистохимическое окрашивание с антителами к NIS

Экспрессия натрий-йод симпортера в атипичных клетках трижды негативного рака молочной железы обнаруживается в 70% случаев.

Список литературы

1. Boelaert, K., & Franklyn, J. Sodium iodide symporter: A novel strategy to target breast, prostate, and other cancers? // *The Lancet*. – 2003. – Vol. 361, No 9360. – P. 796–797.
2. Ravera, S., Reyna-Neyra, A., Ferrandino, G., Amzel, L. M., & Carrasco, N. The Sodium/Iodide Symporter (NIS): Molecular Physiology and Preclinical and Clinical Applications // *Annual Review of Physiology*. – 2017. – Vol. 79, No 1. – P. 261–289.
3. De La Vieja, A., & Santisteban, P. Role of iodide metabolism in physiology and cancer. // *Endocrine-Related Cancer*. – 2018. – Vol. 25, No 4. – P. R225–R245.
4. Jhiang, S. M., & Sipos, J. A. Na⁺/I[–] symporter expression, function, and regulation in non-thyroidal tissues and impact on thyroid cancer therapy // *Endocrine-Related Cancer*. – 2021. – Vol. 28, No 10. – P. T167–T177.

АБУ РЕЙХАН АЛЬ-БИРУНИ: РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ В СТАНОВЛЕНИИ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИОЛОГИИ МЕДИЦИНЫ

Давлатзода С.Х.¹, д-р биол. наук, проф., член-корр. НАН Таджикистана,
ORCID 0009-0000-2691-9347,

Липай Т.П.², канд. соц. наук, доц., ORCID 0000-0002-9186-9806

¹Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава, г. Бохтар,
Республика Таджикистан

²ГУО «Минский городской институт развития образования»,
г. Минск, Республика Беларусь
s.davlatov@mail.ru, lipai@tut.by

Абу Рейхан аль-Бируни, ученый-энциклопедист XI века, внес неоценимый вклад не только в математику, астрономию и геодезию, но и в наше понимание связи между окружающей средой и общественным здоровьем. Однако его вклад в развивающуюся социологию медицины часто остается незамеченным.

Хотя в его работах нет прямых упоминаний об «общественном здоровье» или «социологии медицины» в современном смысле, его исследования и методы стали основой для понимания связи между социальными факторами и здоровьем населения [4].

Он делал проницательные наблюдения о том, как климат, географическое положение и качество воды влияют на распространение болезней и общее благополучие людей. Исследования Абу Рейхана аль-Бируни, охватывающие различные культуры (Индия, Центральная Азия, Ближний Восток), заложили основу для понимания влияния окружающей среды на здоровье задолго до возникновения этих научных областей [2, 4].

Абу Райхан аль-Бируни, задолго до своего времени, заложил основы многих современных экологических и гигиенических концепций, подчеркивая важность рационального природопользования и охраны окружающей среды для сохранения здоровья человека. Он изучал свойства разных минералов и растений, фиксировал их лечебные качества и предлагал их применение в лечении и профилактике болезней. Его труды включают подробные описания эпидемий и мер, которые следует принимать для их предотвращения, включая карантин и изоляцию больных [1, 2, 4].

Абу Рейхан аль-Бируни проявлял глубокий интерес к культурным особенностям различных народов, их образу жизни, питанию и гигиеническим практикам. Он тщательно описывал влияние климата, географического положения и социальных обычаев на здоровье людей в различных регионах. Его труды, такие как «Индия», содержат ценные

антропологические наблюдения, проливающие свет на то, как социальные структуры и культурные нормы формируют представления о здоровье и болезни [2].

Вклад Абу Рейхана аль-Бируни в фармакологию также имеет косвенное отношение к общественному здоровью [3]. Он исследовал лечебные свойства растений и минералов, используемых в народной медицине различных культур. Его стремление к эмпирическому знанию и критическому анализу медицинских знаний, распространенных в его время, способствовало развитию рациональной медицины, основанной на наблюдении и эксперименте.

Увлечение Абу Рейхана аль-Бируни народной медициной и традиционными способами врачевания созвучно современным социологическим изысканиям, которые изучают влияние культуры и социальных связей на формирование представлений о здоровье и недугах, а также на выбор методов лечения. Его подробное описание этих практик, будь то применение трав, обрядов или диет, предоставляет ценные сведения о том, как разнообразные сообщества взаимодействуют с болезнями и поддерживают здоровье на протяжении истории [3].

В "Фармакогнозии" он выступал за рациональный сбор лекарственных растений: собирать в определенное время года, не уничтожать корни, чтобы вид мог восстановиться [1]. Это прообраз современного принципа устойчивого использования биоресурсов.

В заключение, хотя Абу Рейхана аль-Бируни и не был социологом медицины в современном понимании этого слова, его обширные знания о человеке, обществе и природе, а также его стремление к эмпирическим наблюдениям и сравнению различных культур, делают его предтечей этой важной научной области. Его работы являются ценным источником для понимания взаимосвязи между социальным устройством, культурой и здоровьем.

Список литературы

1. Бируни. А. Р. Избранные произведения. Том 4. Фармакогнозия в медицине / А. Р. Бируни; пер. и примеч. У.И. Каримова. – Ташкент: Фан, 1973. – 1120 с.
2. Бируни, А. Р. Индия / А. Р. Бируни; отв. ред. В. Беляев. – Изд. 2-е (Репринтное воспроизведение текста издания 1963 г.). – М. : Ладомир, 1995. – 736 с.
3. Давлатзода, С. Х. Саҳми Абурайхони Берунӣ дар илми дорушиносӣ / С. Х. Давлатзода, Ч. Ш, Назарзода // Маводи конфренсияи илмӣ-назариявӣ байналмиллалӣ дар мавзӯи “Мақоми Абурайхони Берунӣ дар таърихи тамаддуни форс- тоҷик”, баҳшида ба 1050 солагии мутафаккири бузург, Бохтар, саҳ 7-11. – Бохтар, 2023.
4. Липай, Т. П. Наследие Авиценны и Бируни – бесценное достояние человечества / Т.П. Липай // Сборник статей по материалам Международной научно-теоретической конференции “Место Абу-р-Райхана Бируни в развитии персидско-таджикской культуры”. – Бохтар, 2023. – С. 276–280.

НЕДОСТАТОЧНАЯ ВЫРАБОТКА МЕЛАТОНИНА У ЛЮДЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

Дорофеева Е.А., ORCID 0009-0004-9897-8054
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический
университет им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ
info@tolstovsky.ru

Аутизм – распространённое заболевание XXI века, связанное с нарушением синхронности и ритмичности развития. За циркадные ритмы в организме человека отвечает гормон эпифиза – мелатонин. При аутизме отмечается изменения экспрессии генов, кодирующих ферментативные реакции образования мелатонина из серотонина. Дефицит мелатонина оказывает негативное влияние на людей с РАС.

Цель – определить взаимосвязь мелатонина с расстройствами аутистического спектра, выяснить причины нарушения синтеза гормона и предложить способ коррекции дефицита эндогенного мелатонина.

Недавно учёным из Стенфордского университета удалось выявить генетическую предрасположенность мозга человека к расстройствам аутистического спектра. Распространённость аутизма может иметь связь с эволюцией человеческого мозга [2].

В результате получилось, что современные люди стали уязвимы к аутизму. За последние десятилетия отмечается значительный рост зарегистрированных случаев аутизма во всём мире. Аутизм – это заболевание нервной системы, характеризующееся нарушениями общения, стереотипными движениями, расстройством поведения и ограниченными интересами. Аномальное функционирование нервной системы у людей с РАС связано с нарушением ритмичности и синхронности биологических процессов.

Гормон мелатонин отвечает за регуляцию циркадных ритмов организма, главным из которых является «сон-бодрствование», и адаптацию к условиям среды. Он вырабатывается у животных и растений в ответ на изменение освещённости. Избыток света ингибирует синтез мелатонина, а недостаток – запускает. В тёмное время суток концентрация мелатонина увеличивается. У человека секреция гормона идёт в основном в эпифизе специальными клетками – пинеалоцитами.

У людей с РАС наблюдается дефицит мелатонина. У них снижена экспрессия генов, кодирующих ферменты, необходимые для реакций синтеза гормона, и нарушено образование мелатонина из серотонина [1].

Серотонин образуется из аминокислоты триптофана путём последовательных реакций гидроксилирования с промежуточным

результатом в виде 5-гидрокситриптофана и декарбоксилирования. В организме он является нейромедиатором и влияет на когнитивные процессы: внимание, обучения и память.

Далее, рецепторами сетчатки фиксируется снижение освещённости и происходит ацетилирование серотонина с образованием N-ацетилсеротонина. Это промежуточный метаболит, который накапливается у многих людей с РАС вместо последующего метилирования и превращения в мелатонин. Эффект от накопления NAS ещё не изучен, его химические и биологические функции вызывают вопросы.

Дефицит мелатонина проявляется в нарушении суточного ритма, ночных пробуждениях, хронической усталости и раздражимости. Отмечается снижение когнитивных способностей и концентрации внимания. Кроме того, в норме мелатонин стабилизирует психоэмоциональную активность за счёт влияния на возбудимость лимбической системы. Недостаток гормона приводит, соответственно, к тревожности, агрессии и сенсорной гиперактивности.

Последнее время мелатонин начал повсеместно использоваться как лекарственное средство для людей с РАС [1]. Препарат компенсирует нехватку естественного гормона и улучшает сон. Полноценный здоровый сон приносит неоценимую пользу в воспитании и обучении лиц, страдающих аутизмом, а также позволяет отдохнуть и набраться сил родственникам больных. Отечественные и иностранные исследования подтвердили безопасность употребления препарата – он не вызывает привыкания, не препятствует выработке собственного мелатонина и имеет минимальное количество побочных реакций. Больными отмечается результативность экзогенного мелатонина. Непосредственное решение проблем с засыпанием благоприятно действует на общее состояние людей с РАС, синхронизируя циркадные ритмы внутренних органов. Есть вероятность, что приём мелатонина помогает улучшить социальное взаимодействие, приспособленность к условиям среды и синхронность двигательных, эмоциональных и психических ритмов в развитии.

Недостаток мелатонина, обнаруженный у людей с РАС, изучается учёными. Выясняются биологические свойства промежуточных продуктов синтеза, влияние дефицита гормона на организм. Препараты, содержащие экзогенный мелатонин, считаются эффективными и относительно безопасными, поэтому рекомендованы к употреблению.

Список литературы

1. Арушанян Э. Б. Эпифиз в педиатрии: роль эпифизарного мелатонина в генезе аутизма // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2013. – №2. – С. 82-85.
2. Alexander L Starr. A general principle of neuronal evolution reveals a human-accelerated neuron type potentially underlying the high prevalence of autism in humans // Molecular Biology and Evolution. – 2025. – DOI 10.1093/molbev/msaf189.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА КРОВЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Ефремушкина Д. М.,

Шубина О. С., д-р биол. наук, проф., ORCID 0000-0002-5846-9376,
Дуденкова Н. А., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-3950-9459

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет
имени М. Е. Евсевьева», г. Саранск, РФ

efremushkinadarya@yandex.ru, o.shubina@mail.ru, dudenkova_nataly@mail.ru

Одной из важнейших глобальных проблем современности является обеспечение качественного водоснабжения населения планеты. Особенно эта проблема актуальна для крупных городов, где доступ к чистой питьевой воде часто затруднена вследствие высоких уровней загрязнения окружающей среды, что влияет на здоровье населения [1, 2].

Цель настоящего исследования заключалась в изучении воздействия состава питьевой воды на показатели крови лабораторных животных.

Эксперимент проводился на группе белых беспородных половозрелых крыс-самок весом около 180-200 г. Эксперимент длился в течение месяца. Животные были распределены на две равные группы: первая группа (контрольная) состояла из 15 особей, которым была предоставлена бутилированная вода марки «Аквामинерале», соответствующая стандартам СанПиНа по балансу минералов и микроэлементному составу. Вторая группа (экспериментальная) включала 15 аналогичных особей, использовавших в качестве питьевой воды водоснабжение центрального городского трубопровода города Саранска Республики Мордовия.

Анализ химического состава воды центральной городской сети города Саранска Республики Мордовия выявил значительное превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) ряда компонентов относительно установленных норм: общая жёсткость составляла 8,22 мг-экв/л против допустимого уровня в 7 мг-экв/л, концентрация фтора достигала 1,85 мг/л при норме в 1,5 мг/л, железа было обнаружено 0,34 мг/л при уровне нормы в 0,3 мг/л, магния содержалось 72,9 мг/л при допускаемом максимуме в 7,0 мг-экв/л, натрия и калия – 201,45 мг/л при рекомендуемом пределе в 200 мг/л.

Для оценки физиологической и биохимических реакций животных на качество питьевой воды осуществлялся мониторинг их внешнего вида и анализ гематологических показателей крови.

Внешний осмотр обеих групп животных не выявил значительных различий, однако отмечались некоторые изменения в поведении особей

второй группы: животные демонстрировали большую активность и возбуждение. Биохимический анализ продемонстрировал ряд значимых изменений у животных, употреблявших городскую воду:

- 1) увеличение количества эритроцитов на 11,7 % ($p \leq 0,05$);
- 2) повышение числа лейкоцитов на 54,2 % ($p \leq 0,05$);
- 3) рост концентрации гемоглобина на 4,2 % ($p \leq 0,05$);
- 4) ускорение СОЭ (скорость оседания эритроцитов) на 70 % ($p \leq 0,05$);
- 5) увеличение уровня общего белка плазмы на 19,4 % ($p \leq 0,05$);
- 6) значительный рост показателя креатина на 113 % ($p \leq 0,05$).

Полученные данные указывают на значительные нарушения биохимического баланса и ухудшение состояния органов мочевыделительной системы у крыс, подвергшихся воздействию повышенного содержания солей тяжёлых металлов и минеральных веществ в питьевой воде.

Проведённое исследование подтвердило предположение о значительном влиянии состава питьевой воды на здоровье лабораторного животного, выражающееся в изменении основных гематологических показателей. Полученные результаты подчёркивают необходимость строгого контроля качества питьевой воды, особенно в условиях урбанизированных территорий, где доступность безопасной питьевой воды ограничена высоким уровнем загрязнений и недостаточной очисткой водопроводной воды перед использованием населением [3].

Статья опубликована в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2025-445 от 27.05.2025 г.).

Список литературы

1. Каштанова, Е. В. Оценка влияния состава питьевой воды на макро- и микроэлементный состав крови жителей Новосибирской области / Е. В. Каштанова, В. С. Шрамко, С. А. Каштанова [и др.] // Сибирский научный медицинский журнал. – 2025. – Т. 45. – № 1. – С. 94–99. – DOI 10.18699/SSMJ20250110.
2. Руководство по обеспечению качества питьевой воды, 4-е издание (рус.) // Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 2017. – URL: <https://iris.who.int/bitstream/10665/255762/1/9789244548158-rus.pdf>. – Текст: электронный.
3. Унгурияну, Т. Н. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (обзор литературы) / Т. Н. Унгурияну, С. М. Новиков. – Текст: электронный // Гигиена и санитария. – 2014. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-otsenki-riska-zdorovyu-naseleniya-rossii-pri-vozdeystvii-himicheskikh-veschestv-pitievoy-vody-obzor-literatury> (дата обращения: 21.09.2025).

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИНТЕРЛЕЙКИНА-1 СЫВОРОТКИ КРОВИ КРЫС С ОЖИРЕНИЕМ, ОСЛОЖНЕННЫМ ГОНАРТРОЗОМ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕКСАМЕТАЗОНА

Иванов А.С., канд. мед. наук, ORCID 0000-0002-9288-9892

НУЗ НДЦ «Поликлиника на Смоленской», г. Москва, РФ

sashatravmatolog1985@mail.ru

Значение иммунитета для организма сложно переоценить, поскольку именно от него во многом зависит поддержание внутреннего постоянства в организме. Иммунитет играет активную роль в развитии и прогрессировании дегенеративных заболеваний суставов, прежде всего, коленного [1]. За последние 40 лет патогенез воспаления активно изучался, что привело к открытию кислых и нейтральных человеческих пирогенов (лейкоцитарного, фактора активации лимфоцитов, который позднее получил название интерлейкин-1 (ИЛ-1), в связи с его способностью предавать информацию между лимфоцитами) [2]. Выработка в организме ИЛ-1 происходит миелоидными клетками в ответ на попадание в организм патогенных стимулов (патоген-ассоциированные молекулярные паттерны). [3].

Синтез ИЛ-1 происходит только у позвоночных, что говорит в пользу его роли в реализации врождённой иммунной системы, поддержании адаптации организма к условиям окружающей среды [4]. Установлено деструктивное и катаболическое влияние ИЛ-1 на хондроциты, что приводит к процессам деградации и разрушения клеток, подавлению синтеза протеогликанов и выработки коллагена [5].

Колоссальное значение в начале и последующем прогрессировании гонартроза имеет избыточный вес и ожирение, являющиеся пусковыми факторами развития и последующего прогрессирования воспалительного процесса [6]. С целью быстрого купирования воспаления достаточно часто используют препараты группы глюкокортикостероидов наравне с нестероидными противовоспалительными препаратами. В связи с этим актуальность приобретает поиск новых возможностей лечения гонартроза с целью снижения концентрации ИЛ-1 в плазме крови и синовиальной жидкости [7].

Цель работы состоит в определении динамики изменения ИЛ-1 в плазме крови крыс на фоне ожирения, сочетанного гонартрозом на фоне применения различных доз дексаметазона на 3, 5, 10 сутки.

Эксперимент был проведён на 180 белых лабораторных крысах-самцах линии Вистар, возрастом 8–10 недель, массой 200–250 грамм. Животные были разделены на 5 групп: первая получала физиологический раствор натрия хлорида в дозе 1,0 мл, вторая на фоне смоделированного

остеоартроза и ожирения получала также 1,0 раствора натрия хлорида, третьей, четвертой и пятой на фоне гонартроза и избыточной массы тела вводили 1, 10, 100 нг/мл раствора дексаметазона соответственно. Исследование концентрации ИЛ-1 в плазме крови проводили на 3, 5, 10 сутки.

В результате проведенного эксперимента было достоверно установлено, что во второй группе на 3 сутки показатель ИЛ-1 снизился на 25,4 % ($p < 0,05$), на 5 сутки наблюдали повышение на 111,4 % ($p < 0,05$), а на 10 сутки на 108,2 % ($p < 0,05$) в сравнении с контрольной группой.

Введение дексаметазона в дозе 1 нг/мл в третьей группе привело к повышению ИЛ-1 на 136,8 % ($p < 0,05$) на 3 сутки, на 5 сутки наблюдали достоверное снижение концентрации интерлейкина в плазме крови на 25,4 % ($p < 0,05$), на 10 сутки – на 8,9 % ($p < 0,05$) в сравнении с контрольной группой.

Динамическое исследование показателя ИЛ-1 изолированно в первой группе показало повышение уровня ИЛ-1 в плазме крови, на 5 сутки – на 322,2 % ($p < 0,05$), на 10 сутки уровень исследуемого цитокина был выше на 392,9 % ($p < 0,05$) в сравнении с 3 сутками и на 109,4 % ($p < 0,05$) при сравнительном анализе показателя на 5 сутки.

Оценка динамики изменения показателя ИЛ-1 в плазме крови во второй группе показала достоверное увеличение показателя на 5 сутки на 481,3 % ($p < 0,05$) в сравнении с уровнем цитокина на 3 сутки. Более значительные изменения имели место на 10 сутки, достоверное увеличение составило 569,8 % ($p < 0,05$) в сравнении с 3 сутками и 118,3 % ($p < 0,05$) в сравнении с 5 сутками.

При анализе показателя ИЛ-1 в третьей группе на 5 сутки концентрация достоверно увеличилась на 175,8 % ($p < 0,05$) в сравнении с 3 сутками, а на 10 сутки показатель вырос на 261,7 % ($p < 0,05$) в сравнении с 3 сутками, на 148,8 % ($p < 0,05$) в сравнении с 5 сутками.

При увеличении дозы дексаметазона до 10 нг/мл произошло достоверное снижение концентрации ИЛ-1 в сравнении с группой контроля. На 3 сутки показатель интерлейкина в плазме крови был ниже на 13,7 % ($p < 0,05$), на 5 сутки – на 49 % ($p < 0,05$), а на 10 сутки – на 40,6 % ($p < 0,05$).

При анализе показателя в 4 группе наблюдали увеличение динамики показателя ИЛ-1 на 5 сутки в сравнении с 3 сутками на 190,5 % ($p < 0,05$), на 10 сутки достоверное возрастание концентрации интерлейкина в плазме крови на 270,8 % ($p < 0,05$) в сравнении с 3 сутками, и 142,1 % ($p < 0,05$) с 5 сутками.

Введение дексаметазона в дозе 100 нг/мл способствовало повышению концентрации ИЛ-1 на 219,2 % ($p < 0,05$). На 5 сутки наблюдали достоверное снижение концентрации на 31,4 % ($p < 0,05$), на 10 сутки – на 15,3 % ($p < 0,05$) в сравнении с первой группой.

При динамическом анализе концентрации ИЛ-1 в плазме крови пятой группы установили, что на фоне введения 100 мг/мл дексаметазона на 5 сутки достоверное увеличение составило 101 % ($p < 0,05$) в сравнении с 3

сутками, на 10 сутки возрастание показателя было на 151,9 % ($p<0,05$) по отношению к 3 суткам и 150,4 % ($p<0,05$) к 5 суткам.

В процессе исследования была установлена зависимость уровня в плазме крови ИЛ-1 от дозы дексаметазона у животных с ожирением и артрозом коленного сустава. Наибольшую эффективность показала доза 10 нг/мл на 3 сутки, дальнейшая эффективность имеет тенденцию к снижению, хоть и остается на высоком уровне. Дексаметазон в дозе 1 и 100 нг/мл имел максимальную эффективность на 3 сутки, после чего она снижалась. Наблюдалась динамика изменений концентрации ИЛ-1 в каждой группе, особенно с ожирением на фоне гонартроза без введения дексаметазона, что говорит в пользу выраженного воспаления, к которому приводит избыточная масса тела.

Список литературы

1. Galozzi P. The revisited role of interleukin-1 alpha and beta in autoimmune and inflammatory disorders and in comorbidities // *Autoimmunity Reviews*. – 2021. – Vol. 20, № 4. – P. 102785.
2. Насонов Е.Л. Роль интерлейкина-1 в развитии заболеваний человека: перспективы фармакотерапии. Обзор литературы / Е.Л. Насонов // *Терапевтический архив*. – 2022. – Т.94(8). – С. 999–1005. – DOI 10.26442/00403660.2022.08.201781
3. Насонов Е.Л. Роль интерлейкина 1 в развитии заболеваний человека: фокус на анакинре (рецепторном антагонисте ИЛ-1) / Е.Л. Насонов, М.Ю. Самсонов // *Научно-практическая ревматология*. – 2022. – Т. 60, №3. – С. 280–298. – DOI 10.47360/1995-4484-2022-280-298
4. Boraschi Diana. "What is IL-1 for? The functions of interleukin-1 across evolution." / Boraschi Diana // *Frontiers in immunology*. – 2022. – Vol. 13. – P. 872155. – DOI 10.3389/fimmu.2022.872155
5. Старосельников А. Н. Современные аспекты участия интерлейкина-1 бета и интерлейкина-6 в регенерации и обменных процессах костной ткани (обзор литературы) / А.Н. Старосельников, К.А. Гусев, О.Б. Миронова, А.М. Мироманов // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 447–458. – DOI 10.23888/HMJ2023113447-458.
6. He J. Infrapatellar fat pad aggravates degeneration of acute traumatized cartilage: A possible role for interleukin-6. / J. He, Y. Jiang, P. Alexander, V. Ulici, Y. Zhu, S. Wu, R. Tuan // *Osteoarthr. Cartil.* – 2017. – Vol 25. – P. 138–145. – DOI 10.1016/j.joca.2016.09.001
7. Куницкая Н.А. Современные подходы к комплексному лечению остеоартрита: настоящее и будущее / Н.А. Куницкая // *Врач*. – 2021. – Т. 32, № 12. – С. 37–43.

ДОЗОЗАВИСИМЫЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТАИНА ПРИ КОРМОВОМ СТРЕССЕ У КУР

Клетикова Л.В., д-р биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-6277-3063,

Вирзум Л.В., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0002-8420-1162,

Шашурина Ю.Н., ORCID 0009-0000-4363-9945

ФГБОУ ВО «Верхневолжский государственный агробиотехнологический
университет», г. Иваново, РФ

doktor_xxi@mail.ru, virzum@list.ru, y.shashurina@mail.ru

Производство куриных яиц на промышленной основе является ведущей отраслью агропромышленного комплекса. Несмотря на совершенствование кормовой базы и высокотехнологичное оборудование на современных промышленных комплексах не удается избежать стрессовых ситуаций, обусловленных техногенными или природными факторами, в частности, нарушением плотности посадки, температурно-влажностного режима, несвоевременной подачи корма. Последняя причина способствует развитию голода. Голодание ученые рассматривают как одну из разновидностей стресса, что подтверждается характерным функциональным напряжением и эндокринно-метаболическими перестройками [1]. В итоге стресс, обусловленный голодом, приводит к напряжению метаболических адаптаций [2] и организм вынужден использовать повышенное количество белков, жиров и жирорастворимых витаминов [3]. Однако проблемой остается изменение потребности организма кур-несушек в микроэлементах, участвующих поддержании гомеостаза. Тем не менее, дефицит магния обуславливает нарушения клеточного энергетического метаболизма, провоцирует развитие окислительного стресса, воспаление и повышает риск развития многих патологий [4]. Дефицит меди снижает активность витаминов, гормонов, ферментов, дыхательных пигментов, скорость обмена веществ, тканевого дыхания и усвоение железа [5]. Дефицит железа в свою очередь приводит к нарушению активности ферментов, функции дыхания, кроветворения, иммунобиологических процессов и окислительно-восстановительных реакций [6].

Для кур-несушек, у которых очень высокая скорость метаболических реакций, исследование содержания магния, меди и железа в период напряжения организма и способы коррекции являются актуальными.

Цель исследования – выявить оптимальную дозу бетаина для кур-несушек при кормовом стрессе.

Исследование выполнено в 2025 г. на платформе птицеводческого предприятия, расположенного в Ивановской области. Объектом

исследования послужили куры яичного направления продуктивности – кросс dekalb white, предметом – сыворотка крови. Птица содержалась в клеточных батареях «Техна» по 10 голов, кормление осуществлялось кормораздатчиком фирмы Valli 12 раз в сутки, поение без ограничений, поддержание микроклимата – компьютеризировано. В результате непредвиденных природных стихийных явлений была кратковременно нарушена подача корма, приведшая к развитию стресса и девиантному поведению кур. В период стресса у кур 42- и 49-недельного возраста получили пробы крови, провели терапию препаратом бетаин в течение 5 дней и повторно выполнили исследование крови на предмет содержания магния, меди и железа. Курам 41-недельного возраста выпаивали препарат в дозе 750 мл/1000 л, 49-недельным – в дозе 500 мл/100 л воды. Выбор препарата был обусловлен тем, что бетаин во всех метаболических реакциях выступает в роли осмолита, шаперона и донора метильных групп, обеспечивая энергетические процессы в организме и повышая продуктивность [7].

Исследование сыворотки крови выполнены в ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ» на автоматическом биохимическом анализаторе Super Z (Rayto Life and Analytical Sciences Co) и подвергнуты математической обработке в стандартной системе Microsoft Excel

Инспектируя данные содержания микроэлементов во время стресса, отметим, что в более старшей возрастной группе кур-несушек концентрация в сыворотке крови магния и железа была выше на 7,64 % и 5,48 %, соответственно, в то время как меди меньше на 42,08 % ($p \leq 0,05$) (табл.). После коррекции бетаином в указанных дозах у 42-недельных кур содержание магния в сыворотке крови увеличилось на 32,86 %, железа – на 26,63 %, меди – на 5,30 %, у 49-недельных птиц уровень магния, железа и меди повысился на 8,39 %, 5,80 % и 10,22 %, соответственно ($p \leq 0,05$).

Таблица

Динамика обмена микроэлементов у кур на фоне стресса
и коррекции бетаином, $n=10$, $M \pm m$

Показатели	42-недельные несушки		49-недельные несушки	
	Во время стресса	После коррекции	Во время стресса	После коррекции
Магний, ммоль/л	1,44±0,06	1,86±0,05	1,55±0,06	1,68±0,12
Железо, мкмоль/л	118,30±14,00	149,80±10,74	124,38±1,60	131,60±2,56
Медь, мкмоль/л	41,90±0,98	44,12±1,80	24,27±0,35	26,75±0,25

Несмотря на положительную реакцию организма 49-недельных кур на терапию бетаином, концентрация изучаемых микроэлементов была ниже по сравнению с 42-недельными курами, а именно магния меньше на 9,68 %, железа – на 12,15 %, меди – на 39,40 % ($p \leq 0,01$).

Вероятными причинами меньшей эффективности у кур старшей возрастной группы от примененного препарата является его доза, возраст

несушек, уровень продуктивности и масса яиц. Не секрет, что более высокий уровень продуктивности кур предъявляет более высокие требования к скорости метаболических реакций и количеству биологически активных веществ. В период стресса у 42-недельных кур средняя масса яиц составила $57,90 \pm 3,68$ г, после коррекции повысилась до $62,10 \pm 3,46$ г, т.е. на 7,25 %, у 49-недельных кур во время стресса масса яиц составила $60,70 \pm 2,44$ г, на фоне бетаина достигла $63,40 \pm 0,60$ г, увеличившись на 4,45 %.

Основываясь на полученных данных проведенного исследования микроэлементного состава сыворотки крови у кур кросса dekalb white во время стресса, приведшего к девиации и голоданию, и результатах постстрессовой коррекции бетаином в дозе 750 мл/1000 л и 500 мл/1000 л, можем заключить, что более эффективной дозой является 750 мл/1000 л, примененная в течение пяти дней. На этом фоне в сыворотке крови произошло повышение содержания магния на 32,86 %, железа – на 26,63 %, меди – на 5,30 %, массы яйца – на 7,25 %.

Список литературы

1. Кузьменко, Д.И. Биохимия голодания и ожирения: новые аспекты и перспективы. / Д.И. Кузьменко, С.Н. Удинцев, В.Ю. Серебров, Т.К. Климентьева. – Томск: СибГМУ, 2014. – 270 с.
2. Клетикова, Л.В. Стресс и метаболизм у птиц. Монография. / Л.В. Клетикова, Н.Н. Якименко, М.А. Щербинина. – Иваново: ПресСто, 2025. – 116 с.
3. Хаснулин, В.И. Индивидуальные особенности метаболических характеристик и устойчивость к психоэмоциональному стрессу на Севере. / В.И. Хаснулин // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 4 (35). – С. 295-299.
4. Трисветова, Е.Л. Гомеостаз магния и старение. / Е.Л. Трисветова // Медицинские новости. – 2018. – № 2. – С. 45-50.
5. Парахонский, А.П. Роль меди в организме и значение её дисбаланса. / А.П. Парахонский // Естественно-гуманитарные исследования. – 2015. – № 10 (4). – С. 73-84.
6. Роль заліза в організмі людини. / М.Т. Ватутін // Вісник ХНУ імені В.Н. Казаріна. – 2024. – № 1024. – С. 74-80.
7. Полонский, В.И. Биологическая роль и польза для здоровья бетаина в зерновых культурах (Обзор). / В.И. Полонский // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1. – С. 50-61. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-1 - 53-61.

ЭКСПРЕССИЯ РЕЦЕПТОРОВ ГОРЬКОГО ВКУСА В НАЗАЛЬНОМ ЭПИТЕЛИИ КАК ПРЕДИКТОР НЕДОСТАТОЧНОГО КОНТРОЛЯ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

Конев А.В., ORCID 0009-0006-4615-1455,

Конев К.А., ORCID 0000-0003-4645-3358

ФГБНУ «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»,
г. Благовещенск, РФ
andrkonov@vk.com

Бронхиальная астма (БА) остаётся открытым вопросом для медицины: несмотря на многообразие современных препаратов, значительная доля пациентов не достигает полного контроля над симптомами и течением воспаления [1]. Поэтому актуален поиск новых молекулярных мишеней, которые могли бы дополнить или усилить существующую терапию. Одним из таких направлений стали рецепторы горького вкуса (TAS2R). Эти рецепторы, помимо классического участия в передаче вкусовых ощущений со слизистой оболочки ротовой полости, экспрессируются в различных клетках дыхательных путей, где их активация вызывает расслабление бронхиальной мускулатуры и, может оказывать противовоспалительное действие [2].

Цель – определить, как уровни мРНК отдельных подтипов TAS2R (TAS2R4, TAS2R5, TAS2R14, TAS2R20, TAS2R31, TAS2R38) в назальном эпителии отражают степень клинического контроля БА, и определить устойчивость этих связей с учетом ключевых демографических, антропометрических и клинико-функциональных ковариат.

В одноцентровое перекрестное исследование было включено 173 пациента с верифицированным диагнозом БА в возрасте $46,0 \pm 1,13$ года, из них 60 % составили женщины.

Распределение по степени тяжести было следующим: 56,4 % – легкая, 41,3 % – среднетяжелая, 2,3 % – тяжелая БА. Доля пациентов с неконтролируемым течением заболевания составила 71 %.

Всем участникам проводилось комплексное обследование, включавшее оценку контроля симптомов БА с помощью опросника АСТ, спирометрию с бронходилатационным тестом с сальбутамолом для определения ОФВ₁, ФЖЕЛ и их соотношения, браш-биопсию слизистой оболочки нижней носовой раковины для получения РНК. Уровни мРНК генов TAS2R4, TAS2R5, TAS2R14, TAS2R20, TAS2R31, TAS2R38 оценивались методом количественной ПЦР в реальном времени (qRT-PCR) с нормализацией на референсные гены B2M и PPIA. Для анализа использовались как расчет относительной экспрессии, так и значения ΔC_t .

Статистический анализ проводился с использованием непараметрического критерия Спирмена для корреляций и множественного линейного регрессионного анализа с поправкой на пол, возраст, ИМТ, индекс курения (пачка-лет), постбронходилатационный ОФВ₁ (% от должного). Статистическая значимость устанавливалась при $p < 0,05$.

Из полученных результатов при первоначальном дихотомическом сравнении групп пациентов с неконтролируемой и частично/полностью контролируемой БА статистически значимых различий в уровнях мРНК исследуемых TAS2R выявлено не было. Например, экспрессия TAS2R20 была в среднем в 1,33 раза выше в группе с неконтролируемым течением ($p=0,28$), а TAS2R38 – в 1,56 раза выше ($p = 0,10$). Это указало на высокую вариабельность внутри групп и недостаточную чувствительность дихотомизации АСТ.

При анализе АСТ как непрерывной переменной были обнаружены достоверные обратные корреляции Спирмена с уровнями мРНК TAS2R20 ($\rho=-0,24$; $p = 0,002$), TAS2R38 ($\rho = -0,25$; $p < 0,001$) и, в меньшей степени, TAS2R14 ($\rho = -0,19$; $p = 0,01$). Таким образом, чем ниже был показатель АСТ (хуже контроль), тем выше оказывалась экспрессия этих генов.

Ключевым результатом явилось построение множественных регрессионных моделей. После учета влияния пола, возраста, ИМТ, индекса курения, ОФВ₁ статистически значимая независимая обратная связь с баллом по АСТ сохранилась только для:

- TAS2R20 (стандартизованный коэффициент $\beta = -0,20$; $p = 0,03$).
Общая модель была значима: $R^2 = 0,12$; $F(7,156) = 2,98$; $p = 0,006$.

- TAS2R38 (стандартизованный коэффициент $\beta = -0,20$; $p = 0,02$).
Общая модель была значима: $R^2 = 0,11$; $F(7,156) = 2,68$; $p = 0,01$.

Это свидетельствует о том, что ассоциация TAS2R20 и TAS2R38 с контролем над БА не зависит от классических демографических и клинических факторов. Кроме того, не было выявлено значимых корреляций между уровнями мРНК каких-либо исследуемых TAS2R и базовыми спирометрическими показателями (ФЖЕЛ, ОФВ₁, ОФВ₁/ФЖЕЛ). Бронходилатационный ответ на сальбутамол (Δ ОФВ₁) также не ассоциировался с экспрессией TAS2R:

- для TAS2R4 наблюдалась тенденция ($\rho = 0,16$; $p = 0,06$),
- для остальных подтипов коэффициенты корреляции находились в диапазоне от -0,008 до 0,02 при $p > 0,4$.

Даже при анализе подгруппы пациентов с тяжелой обструкцией (ОФВ₁ < 60 %) значимых различий в экспрессии TAS2R выявить не удалось.

Это позволяет заключить, что выявленный феномен связи TAS2R с контролем не сводится к измеряемым спирометрией нарушениям бронхиальной проходимости и, вероятно, отражает иные патогенетические механизмы [3].

Комплекс фактов – (1) независимые обратные связи TAS2R20/38 с АСТ после поправок; (2) отсутствие связей со спирометрией – поддерживает модель, в которой апрегуляция TAS2R20/38 является ответом эпителия на ухудшение клинико-структурного статуса. То есть рост экспрессии – не причина, а сигнал компенсаторной активации, возможно предназначенной для сдерживания воспалительно-ремоделирующих каскадов.

Исследование имеет ряд ограничений:

- отсутствие данных о белковом уровне TAS2R, что не позволяет напрямую судить о функциональной активности рецепторов;
- перекрестный дизайн не доказывает причинно-следственную связь;
- дихотомический анализ по АСТ оказался неинформативным.

Среди исследованных подтипов рецепторов TAS2R20 выглядит наиболее приоритетной мишенью для разработки новых лекарственных средств.

TAS2R4 продемонстрировал наименьшую клинико-патогенетическую значимость.

Экспрессия TAS2R20 и TAS2R38 в назальном эпителии демонстрирует независимую обратную связь с контролем БА по АСТ, не редуцируемую к вентиляционной функции, полу, возрасту, ИМТ, курению. При этом TAS2R20 и TAS2R38 являются перспективными кандидатами для таргетной терапии и стратификации пациентов с неконтролируемой БА, а их экспрессия в назальном эпителии – потенциальный биомаркер для мониторинга контроля заболевания.

Список литературы

1. Mao Z., Global, regional, and national burden of asthma from 1990 to 2021: A systematic analysis of the global burden of disease study 2021 / Mao Z., Zhu X., Zheng P. et al. // Chin Med J Pulm Crit Care Med. – 2025. – Vol. 3, № 1. – С. 50-59. DOI 10.1016/j.pccm.2025.02.005.
2. Конев А.В. Рецепторы горького вкуса TAS2R как перспективные мишени в персонализированной терапии бронхиальной астмы / А. В. Конев // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2025. – № 97. – С. 137-151. – DOI 10.36604/1998-5029-2025-97-137-151 – EDN CKMAQS
3. Robinett KS, Koziol-White CJ, Akoluk A, An SS, Panettieri RA Jr, Liggett SB. Bitter taste receptor function in asthmatic and nonasthmatic human airway smooth muscle cells. / Robinett K.S., Koziol-White C.J., Akoluk A. et al // Am J Respir Cell Mol Biol. – 2014. – Vol. 50, № 4. – С. 678-83. – DOI 10.1165/rcmb.2013-0439RC

РОЛЬ БИОМАРКЕРОВ В РАСПОЗНАВАНИИ СЕПСИСА

Лантев С.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-3023-6976,
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и
биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», г. Москва, РФ
x9131078824@yandex.ru

Сепсис – это опасное для жизни заболевание, вызванное чрезмерной реакцией организма на инфекцию. Диагностика сепсиса является сложной задачей, которая требует всестороннего анализа, а биомаркеры являются важными показателями [1–4].

Цель исследования – анализ молекул и индикаторов, действующих как биомаркеры, отражающие наличие сепсиса, его тяжесть и исход.

Существует несколько типов биомаркеров, которые играют ключевую роль в дифференциальной диагностике сепсиса, отличая сепсис от заболеваний со сходными проявлениями [5].

Прогностические биомаркеры используются для оценки вероятности осложнений и неблагоприятных исходов у пациентов с сепсисом. Определенные биомаркеры указывают на высокий риск полиорганной недостаточности, септического шока или смерти. Терапевтические биомаркеры помогают оценить эффективность выбранного лечения. С-реактивный белок (SRB) синтезируется печенью в ответ на воспаление и инфекцию в острой фазе заболевания и постепенно уменьшается во время выздоровления.

Прокальцитонин (PCT) очень чувствителен и специфичен. Его концентрация обычно увеличивается позже в ходе инфекции. Пресепсин образуется в ответ на активацию врожденных иммунных механизмов при бактериальной инфекции и служит индикатором наличия и тяжести сепсиса. Провоспалительные цитокины TNF α , IL-1 β и IL-6 играют важную роль в формировании воспалительного ответа на сепсис [6]. Уровни IL-6 повышаются раньше, чем PCT и SRB, что делает этот маркер средством ранней диагностики сепсиса. Кальций-связывающий белок В (S100B) отражает сепсис-специфическое повреждение глиальных клеток и повреждение гематоэнцефалического барьера. Testican-1 способен ингибировать активность цистеиновых протеаз. Уровень Testican-1 выше при тяжёлом сепсисе и септическом шоке, чем при простом сепсисе. Отмечена положительная корреляция уровня Testican-1 с такими показателями, как температура тела, частота дыхания, количество лейкоцитов, уровень глюкозы и SRB. ESM-1 (эндокан) указывает на нарушение эндотелиальной функции сосудов. Его уровень может быть использован в качестве дополнительного показателя тяжести синдрома системного воспалительного ответа.

Молекула KIM-1 является показателем острого почечного повреждения у пациентов с септическим шоком. Повышенная концентрация белка HMGB1

связана с ухудшением функции внутренних органов у пациентов с сепсисом. Во время инфекции уровень ингибитора миграции макрофагов (MIF) в плазме увеличивается, достигая особенно высоких значений в случае сепсиса. sCD14 является маркером, который играет важную роль в диагностике сепсиса. SCMM-CD4 считается более надежным показателем по сравнению с PCT. Интерпретация результатов биомаркеров должна сочетаться с клинической картиной, патогенезом и другими характеристиками. В клинической практике для оценки состояния пациентов с сепсисом широко используются различные шкалы. Они объединяют клинические признаки и лабораторные данные, включая биомаркеры, для объективной оценки тяжести заболевания и прогноза.

Наиболее известны APACHE, SAPS, MODS и SOFA. Шкала APACHE используется для оценки состояния пациентов в первый день после поступления и рассчитывается оценка, связанная с риском смерти. Шкала SOFA показывает прогрессирование полиорганной недостаточности, распространенной причины смерти при сепсисе. Шкала SAPS рассчитывается на основе рутинных физиологических измерений в течение первых 24 часов, полученных при поступлении [7].

Биомаркеры являются незаменимым инструментом для повышения точности диагностики, прогнозирования и лечения сепсиса. Их использование должно быть комплексным и учитывать клинические показатели, результаты лабораторных исследований и опыт врачей. Биомаркеры должны обладать простотой реализации, высокой специфичностью и чувствительностью, быстротой получения результатов и низкими затратами на исследования.

Список литературы

1. Патогенез и маркеры сепсиса / Н. А. Татарникова, К. А. Сидорова [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 35(198). – С. 182–197. – EDN OBFCRQ.
2. Катионные белки гранулоцитов в прогнозировании гнойно-септических патологий в ветеринарной пропедевтике генерализации бактериозов / Н. В. Пименов [и др.]. – Москва: Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2023. – 172 с. EDN EGXUSG
3. Predicting Leptospirosis Outcomes in Dogs with the Simplified Acute Physiology Score / N. Pimenov [et al.] // Advancements in Life Sciences. – 2024. – Vol. 11, No. 1. – P. 173-181. – EDN PXTEYW.
4. Пигина, С. Ю. Особенности патогенеза, диагностика и прогноз исхода септических заболеваний мелких домашних животных / С. Ю. Пигина, Н. А. Татарникова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2024. – № 10. – С. 12–22. – EDN FEEUCL
5. Биомаркеры и индикаторы воспаления в диагностике и прогнозе абдоминального сепсиса / Лебедев Н. В. и др. // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2018. – № 10. – С. 92-98.
6. Лаптев, С. В. Клеточные и гуморальные механизмы защиты при коронавирусной инфекции // Справочник заведующего КДЛ. – 2021. – № 5. – С. 34–43. – EDN PTCMFV.
7. Патогенез панлейкопении кошек и прогноз септических осложнений по балльной шкале SAPS / С. В. Лаптев, Р. Ф. Иванникова, Р. В. Бочаров // Международный вестник ветеринарии. – 2025. – № 1. – С. 68–76. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.1.68. – EDN LZEVBZ.

ОСОБЕННОСТИ ПАТОЛОГИИ ЗРЕНИЯ У НАСЕЛЕНИЯ В ПЕРИОД СВО: ВЕДУЩИЕ НОЗОЛОГИИ И ФАКТОРЫ РИСКА

Ластков Д.О., д-р мед. наук, проф., ORCID 0000-0002-9566-8745,

Попович В.В., ORCID 0009-0003-3209-5964

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет

имени М. Горького», г. Донецк, РФ

popovichvika@yandex.ru

В ранее выполненных исследованиях была дана оценка влияния экологических факторов риска (тяжелые металлы) на общую (распространенность) и первичную заболеваемость болезнями глаз и придаточного аппарата различных возрастных и гендерных групп населения Донецка, в т.ч. в условиях последствий военного и эпидемического дистресса [1]. Сравнительный анализ проводился по 4-м временным периодам: довоенному (I – 2012-2013 гг.), переходному военному – активных боевых действий (II – 2014-2016 гг.), стабильному военному (III – 2017-2019 гг.) и периоду пандемии (IV – 2020-2021 гг.).

Цель – оценка влияния ведущих факторов риска на общую и первичную заболеваемость ведущими болезнями глаз и придаточного аппарата у населения экокризисного региона в условиях СВО.

Объект окружающей среды (почва г. Донецка) и модель загрязнения (концентрация 12 тяжелых металлов и металлоидов – далее – ТМ) остались неизменными. Выполнены расчет и анализ уровней общей (распространенность) и первичной заболеваемости ведущими нозологиями среди основных возрастных групп населения (дети, подростки и взрослое население, в т. ч. лица старше трудоспособного возраста) по самым «загрязненному» окраинному (Б.) и «чистому» центральному (В.) районам (не пострадавшим от боевых действий до 2022 г.) в сравнении с окраинными загрязненными районами К. и П., находившимися в зоне военного конфликта, и среднегородскими показателями в течение 2022-2024 гг. (период СВО – V). Для расчета интенсивных показателей использовались официальные учетно-статистические документы (форма №12), данные о среднегодовой численности различных групп населения, которые обслуживались учреждениями здравоохранения по районам. В связи с отличиями форм №12 ДНР и РФ гендерные различия в группах детей и взрослых оценить не удалось. Статистическая обработка проведена общепринятыми методами с помощью лицензионного пакета прикладных программ MedStat. Различия между показателями анализируемых периодов и городскими районами оценивались методом множественных сравнений Шеффе. Рассчитаны коэффициенты корреляции между максимальной кратностью превышения концентрации тяжелых металлов в почве каждого района и показателями состояния здоровья населения.

Как правило, показатели общей и первичной заболеваемости основными нозологиями снижались от 2022 г. к 2024 г. Общая тенденция – «ножницы» между высокими показателями распространенности и низкими (у детей и подростков – зачастую нулевыми) заболеваемости: уровни первичной заболеваемости не могут обеспечить наблюдаемые уровни общей заболеваемости. Это свидетельствует о сформировавшихся миграционных потоках: внутригородских для детей (направленных в не пострадавшие районы) и межрегиональных для взрослых (из зоны СВО) преимущественно в западные городские районы. Соответственно, достоверно максимальные в сравнении с другими районами и среднегородскими уровнями заболеваемости детей обычно определяются в районе В., а наибольшие показатели у взрослого населения и лиц старше трудоспособного возраста характерны для района К.

В целом отмечается такая закономерность, как постоянное снижение уровней общей и первичной заболеваемости населения по сравнению с предыдущими периодами за исключением болезней глаз у детей и подростков в III-IV периодах (рост показателей миопии), атрофии зрительного нерва у подростков и глаукомы у взрослых.

Из всех ведущих нозологий только по двум – конъюнктивиту и миопии – показатели у подростков и детей значимо превышают таковые у взрослого населения, включая лиц старше трудоспособного возраста. Так, уровни заболеваемости конъюнктивитом больше в 3 раза, миопией – в 2-4 раза по сравнению с взрослыми и в 3-6 раз по сравнению с пенсионерами. Показатели распространенности миопии в младших возрастных группах выше, чем у взрослых в 4-9 раз, чем у лиц пенсионного возраста – в 8-19 раз. Однако, учитывая численность сравниваемых групп населения, вклад взрослых в заболеваемость все равно преобладает. По остальным нозологиям уровни заболеваемости детей и подростков не имеют практического значения ввиду малочисленности случаев. Единственноестораживающее исключение составляет атрофия зрительного нерва: в отличие от постепенного снижения показателей взрослых (в т.ч. пенсионеров), начиная с довоенного периода, у подростков отмечается рост в V периоде, аналогично III периоду (продолгованное влияние военного дистресса на хроническую патологию), причем по распространенности достигает уровня взрослого населения, а по заболеваемости превосходит его в 3 раза.

Выявленные закономерности и особенности колебаний уровней заболеваемости в различных возрастных группах объясняются также достоверным изменением структуры населения с началом боевых действий из-за миграции: рост удельного веса взрослого населения (за счет мужчин) с 2015 г. и, что самое важное, – лиц пенсионного возраста (треть взрослого населения в 2018 г., треть всего населения города в 2020-2021 гг.), при значимом снижении доли подростков и детей. Межрайонных различий в динамике процесса не выявлено.

У детей не выявлено корреляций между уровнями заболеваемости и распространенности анализируемых нозологий с максимальной кратностью превышения концентрации ТМ в почве. У подростков установлены сильные значимые связи распространенности катаракты и глаукомы с содержанием таллия (соответственно, $R=0,786$ и $R=0,780$ при $p < 0,02$), а также заболеваемости атрофией зрительного нерва с концентрацией цинка ($R=0,800$, $p < 0,001$ при слабой связи со свинцом и стронцием). Только у взрослого населения отмечается корреляция показателей заболеваемости конъюнктивитом (с марганцем – $R=0,783$, $p < 0,02$) и отслойкой и разрывом сетчатки (с барием – $R=0,765$, $p < 0,04$). У взрослых наблюдаются сильные достоверные связи заболеваемости катарактой и атрофией зрительного нерва с содержанием свинца (соответственно, $R=0,796$, $p < 0,003$, и $R=0,789$, $p < 0,02$), стронция (соответственно, $R=0,793$, $p < 0,01$, и $R=0,789$, $p < 0,02$) и цинка (соответственно, $R=0,772$ и $R=0,771$, при $p < 0,03$). Для лиц старше трудоспособного возраста характерны корреляции заболеваемости катарактой с концентрацией свинца ($R=0,788$, $p < 0,02$) и стронция ($R=0,785$, $p < 0,02$), заболеваемости атрофией зрительного нерва с марганцем ($R=0,762$, $p < 0,04$) при слабой связи распространенности с барием. В группах взрослого населения и пенсионеров определяются сильные связи распространенности глаукомы с содержанием кадмия (соответственно, $R=0,775$, $p < 0,03$, и $R=0,767$, $p < 0,04$) и меди (соответственно, $R=0,765$, $p < 0,04$, и $R=0,782$, $p < 0,02$), а также заболеваемости данной нозологией с медью ($R=0,798$, $p < 0,001$); помимо этого, у пенсионеров отмечается корреляция распространенности глаукомы с фосфором ($R=0,782$, $p < 0,02$).

Установленные закономерности динамики заболеваемости патологией зрения у населения Донецка в условиях СВО, помимо загрязнения окружающей среды, обусловлены выраженной миграцией населения. К ведущим факторам риска [2] относится также военный дистресс, вызвавший усиление миграции. Как правило, наблюдается общая тенденция к снижению уровней заболеваемости глаз у населения.

Список литературы

1. Ластков Д.О., Попович В.В. Сравнительный анализ патологии зрения у населения Донбасса: влияние тяжелых металлов и последствий стресс-индуцированных состояний // Медицина в Кузбассе. – 2023. – Т. 22, №4. – С. 56-57.
2. Клишкан Д.Г., Ластков Д.О., Партас О.В. Особенности социально-гигиенического мониторинга в современных условиях Донбасса // Материалы IV Национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысинские чтения 2024». – Тверь: ООО «Изд. «Триада», 2024. – С. 61-62.

ПОКАЗАТЕЛЬ ФАКТОРА НЕКРОЗА ОПУХОЛЕЙ- α КОСТНОГО МОЗГА МЫШЕЙ НА ФОНЕ ВВЕДЕНИЯ ДИКЛОФЕНАКА НАТРИЯ С СОПУТСТВУЮЩИМ ДЕРМАТИТОМ

Липунов В.В.

НУЗ НДЦ «Поликлиника на Смоленской», г. Москва, РФ

lipunov777@mail.ru

После открытия фактора некроза опухолей (ФНО- α) прошло достаточно много времени, однако его биологическая роль вызывает много вопросов у исследователей. Свое название этот белок получил из-за способности приводить к некрозу некоторых типов опухолевых клеток, однако дальнейшие исследования показали его способность приводить к росту злокачественных новообразований, метастазированию и развитию воспаления [1].

Исследовательским путем установлена многогранность роли белка в организме, зависящая от количества и типов рецепторов на мембране клетки [3]. Взаимодействие ФНО- α с другими цитокинами приводит к выработке других интерлейкинов (ИЛ-1, ИЛ-6, ИЛ-8), приводящих к активации лейкоцитов [4]. Дальнейшее состояние организма приводит к проявлению провоспалительных или противовоспалительных свойств ФНО- α [2].

Исследовательским путем установлено влияние ФНО- α в патогенезе развития острого или хронического воспалительного процесса, особенно в пожилом возрасте. При вирусных патологиях повышение секреции цитокина приводит к гибели пораженных клеток [6]. При COVID-19 именно ФНО- α отвечает за проявление «цитокинового шторма», контроль вируса гепатита В, С, репликацию вируса герпеса и его проникновение в ткань головного мозга [10].

Экспериментально установлено влияние ФНО- α на обмен жиров, липидов и углеводов, минеральных веществ. Под влиянием цитокина происходит биологический синтез холестерина, атерогенных фракций липидов, адиполипопротеидов гепатоцитами, он способствует уменьшению катаболизма холестерина и его выведению в виде жирных кислот [13].

Целью работы является изучение концентрации ФНО- α в гомогенате костного мозга лабораторных мышей на фоне введения диклофенака натрия на протяжении трех дней.

Исследование провели на 44 белых лабораторных мышах, возрастом 60 дней, весом 60 ± 5 г. Все животные были разделены на три группы, первая (12 животных) получала физиологический раствор натрия хлорида, вторая и третья (по 16 животных в каждой) получали 0,09 мг (1,5 мг/кг) и 0,18 мг (3 мг/кг) диклофенака натрия внутрибрюшинно соответственно.

Контактный дерматит вызывали на локальном участке кожи путем нанесения химических веществ. Подсчет концентрации ФНО- α проводили на 3 сутки.

При подсчете полученных результатов установлено, что концентрация ФНО- α в гомогенате костного мозга у животных второй группы выросла на 123,3% в сравнении с контрольной группой. При исследовании материала, полученного от животных третьей группы, концентрация ФНО- α была выше на 112,7% по отношению к первой группе.

При исследовании результатов с использованием диаграмм размаха по типу «ящика с усами» было установлено отсутствие пересечения ящиков по вертикали, что подтверждает зависимость показателя от применяемой дозы диклофенака натрия. По типу трендов при увеличении дозы достигает своего максимального значения у животных второй группы.

Установлена четкая дозозависимость от введения диклофенака натрия и показателя ФНО- α в гомогенате костного мозга белых мышей. Диклофенак натрия приводит к максимальному повышению концентрации цитокина у животных второй группы, некоторое снижение наблюдается у животных третьей группы, что может свидетельствовать как в пользу провоспалительных, так и противовоспалительных свойств ФНО- α .

Список литературы

1. Терещенко И.В. Фактор некроза опухоли α и его роль в патологии. / И.В. Терещенко, П.Е. Каюшев // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2022. – Т6(9). – С. 523–527. DOI 10.32364/2587-6821-2022-6-9-523-527.
2. Bagmut I.Yu. Isolation of megakaryocytes using magnetic cell separation and adverse effects induced by diclofenac toxicity in an experiment. / I.Yu. Bagmut, O.S. Ivanov, M.I. Sheremet and all. // J Med Life. – 2022. – Jan; 15(1). – P. 65-70. DOI 10.25122/jml- 2020-0129.
3. Akhmaltdinova L. Inflammatory Serum Biomarkers in Colorectal Cancer in Kazakhstan Population. / L. Akhmaltdinova, V. Sirota, V. Zhumaliyeva et al. // Int J Inflam. – 2020. – P. 9476326. DOI 10.1155/2020/9476326.
4. Тополянская С.В. Фактор некроза опухоли альфа и возрастассоциированная патология. / С.В. Тополянская // Архив внутренней медицины. – 2020. – Т.10(6). – С. 414–421. DOI 10.20514/2226-6704-2020-10-6-414-421.
5. Chen X.-Y. TNF α Inhibitor may be effective for severe COVID-19: learning from toxic epidermal Necrolysis. / X.-Y. Chen, B.-X. Yan, X.-Y. Man // Ther Adv Respir Dis. – 2020. – Vol. 14. – P. 1753466620926800. DOI: 10.1177/1753466620926800.
6. Woziwodzka A. TNF- α polymorphisms affect persistence and progression of HBV infection. / A. Woziwodzka, M. Rybicka, A. Sznarkowska et al. // Mol Genet Genomic Med. – 2019. – Vol.7, № 10. – P. 00935. DOI 10.1002/mgg3.935.
7. Lamb F.S. TNF α and Reactive Oxygen Signaling in Vascular. Smooth Muscle Cells in Hypertension and Atherosclerosis. / F.S. Lamb, H. Choi, M.R. Miller et al. // Am. J. Hypertens. – 2020. – Vol. 33(10). – P. 902–913. DOI 10.1093/ajh/hpaa089.

АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ С ПОЧЕЧНЫМ СИНДРОМОМ У ПАЦИЕНТОВ С ПАТОЛОГИЕЙ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В 2023–2024 ГОДАХ

Нехаев С.Г., канд. мед. наук, доц.,

Игнатъкова Е.П., ORCID 0009-0000-2928-6266,

Быйык А.И., ORCID 0009-0000-7310-4028

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», г. Тула, РФ

Sergej_1963@mail.ru, katrini85.85@mail.ru, amina.byiyk@mail.ru

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) – острая нетрансмиссивная вирусная природно-очаговая инфекция с синдромом интоксикации, развитием универсального капилляротоксикоза с геморрагическими проявлениями и поражением почек. Возбудителем ГЛПС являются РНК-геномные вирусы рода Hantavirus, семейства Bunyaviridae, переносчиками которых служат мелкие млекопитающие, главным образом мыши. Человек заражается в результате контакта с экскрементами инфицированных животных, путь передачи – воздушно-пылевой [1]. Тульская область является неблагоприятной по ГЛПС территорией, т.к. в различные годы показатель заболеваемости колебался от 0,7 до 12,17 на 100 тысяч населения, часто превышая среднероссийские показатели в 1,5–2 раза [2]. Среди других синонимов этого заболевания есть и «тульская лихорадка» [3].

Патогенез ГЛПС включает прямое цитопатическое действие вируса на эндотелиальные клетки сосудов и активацию иммунной системы, приводящей к развитию синдрома повышенной капиллярной проницаемости и острой почечной недостаточности.

Особенность поражения органов мочевыделительной системы заключается в развитии специфического патологического процесса, характеризующегося нарушением микроциркуляции, внутрисосудистым гемостазом и токсическим воздействием продуктов распада клеток на ткани почки [4].

ГЛПС является актуальной проблемой для всех практикующих врачей, т.к. как обладает широким спектром клинических проявлений, и поражает все возрастные группы населения. При наличии предшествующих заболеваний мочеполовой системы значительно возрастает вероятность тяжелого течения болезни и формирования серьезных осложнений. Это связано с несколькими факторами:

- снижением компенсаторных возможностей организма,
- изменением фармакокинетики лекарственных препаратов,

– усугублением нарушения функциональности почек и развитием полиорганной недостаточности.

Цель исследования – выявить особенности клинического течения ГЛПС у пациентов с патологией мочеполовой системы госпитализированных в инфекционные стационары Тулы в 2023-2024 годах.

ГЛПС является актуальной проблемой для всех практикующих врачей разных специальностей, т.к. обладает широким спектром клинических проявлений. Начало заболевания характеризуется неспецифической симптоматикой (слабость, головная боль, озноб, потливость, повышение температуры тела, ломота и т.д.), что усложняет дифференциальную диагностику. Как правило, пациенты обращаются к врачу при прогрессировании специфических проявлений ГЛПС, что влечет за собой серьезные осложнения, увеличение времени и объёма проводимого лечения. Это повышает риск неблагоприятных исходов, инвалидизации, потери трудоспособности. Учитывая, что большая часть пациентов – люди трудоспособного возраста, диагностика и лечение ГЛПС не только медицинская, но и социально значимая задача.

Заболеваемость ГЛПС в Тульской области в 2023–2024 годах превышала среднероссийские показатели почти в 2 раза, имела летне-осеннюю сезонность с максимальным числом заболевших в ноябре. Всего зарегистрировано 155 случаев заболеваний. Инфекция в 3,5 раза чаще встречалась среди мужчин, в возрастной структуре преобладали лица трудоспособного возраста, среди лиц 30–59 лет они составили 70 %.

Исследование проводилось ретроспективно-аналитическим методом среди пациентов с подтвержденным диагнозом ГЛПС, госпитализированных в инфекционные стационары Тулы в 2023–2024 годах. Общее количество наблюдений составило 116 случаев, из которых были выделены две группы пациентов: основная группа включала лиц с наличием заболеваний мочевыводящих путей и половых органов (n=41), контрольная группа состояла из пациентов без патологии мочеполовой системы (n=75).

Для анализа использовались медицинские карты стационарных больных, лабораторные анализы крови и мочи, протоколы инструментальных исследований, а также заключения специалистов-консультантов.

Оценивались следующие показатели:

- частота встречаемости основных клинических признаков заболевания (лихорадка, боли в пояснице, головная боль, тошнота, рвота, гематурия, протеинурия, артериальная гипертензия, олигурия, анурия);
- уровень маркеров воспаления и повреждения тканей (лейкоциты, СОЭ, креатинин, мочевины);
- эффективность терапевтических мероприятий и частота возникновения осложнений (гемодиализ, экстракорпоральная детоксикация, развитие пневмонии, миокардита, энцефалита).

Пациенты первой группы имели достоверно более тяжёлое общее состояние в сравнении с пациентами контрольной группы. Так, пиретическая лихорадка регистрировалась среди этих пациентов в 1,7 раз чаще, петехиальная сыпь, расстройство зрения – в 2 и 2,5 раза чаще, чем во 2 группе. Отеки лица, нижних конечностей встречались в 2,8 раза чаще также в 1 группе наблюдения. Достоверной разницы встречаемости других клинических проявлений (боли в мышцах и суставах, расстройство зрения, расстройство ЖКТ, гиперемия кожных покровов, геморрагии, кровотечения, боли в пояснице и др.) не выявлено. Анурия и олигурия отмечены в 1 группе в 12,5 и 73,2 % случаев, во второй – в 13,3 и 65,3 % соответственно. В клиническом анализе крови (лейкоцитоз, ускорение СОЭ, снижение гемоглобина) достоверных различий в частоте встречаемости показателей не выявлено. В биохимическом анализе крови у всех пациентов отмечено повышение С-реактивного белка, креатинина. Повышенное содержание мочевины обнаруживалось в 1 группе в 1,8 раза чаще, чем во второй. Средняя длительность заболевания в 1 группе была на 2 дня больше, чем во второй (19 и 17 дней соответственно). Статистически достоверно у пациентов с сопутствующими заболеваниями мочеполовой системы развивались острая почечная недостаточность, реактивный гепатит, инфекционно-токсический шок, отек легких, септицемия. Удельный вес благоприятных исходов заболевания в 1 группе составил 87,8 %, во второй – 93,3%, что свидетельствует о зависимости тяжести течения ГЛПС от наличия сопутствующих заболеваний мочеполовых органов.

Проведенное исследование выявило значительные различия в клиническом течении ГЛПС между группами пациентов с патологией мочеполовой системы и пациентами без этой патологии. Выявленные закономерности свидетельствуют о важности тщательного мониторинга состояния пациентов с такими фоновыми заболеваниями, своевременного начала комплексного лечения и профилактики возможных осложнений.

Список литературы

1. Европейские клинические рекомендации по диагностике и лечению геморрагической лихорадки с почечным синдромом (European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, ESCMID, 2022).
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области в 2023 году: Государственный доклад. – Тула: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тульской области, 2024. – 209 с.
3. Терских В.И. Лептоспироз: научная диссертация. – Москва, 1936. – 147 с.
4. Марусенко Е.М., Семашко Ю.С., Васильева О.Б. Поражение почек при геморрагической лихорадке с почечным синдромом: клиника, диагностика, лечение // Нефрология и диализ. – 2022. – Том 24. – № 2. – С. 85–92.

ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЛЕОТЕРАПИИ

Партас И.Г., ORCID 0009-0009-4262-8895

Мазин С.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

i.partas.donnu@mail.ru

Заболевание бронхиальная астма (БА), в последнее время, привлекает внимание многих специалистов, т.к. значительно возросло количество больных БА, в том числе и в детском возрасте. Это заболевание часто является причиной профессиональных ограничений и инвалидности.

Наибольшая частота заболеваемости приходится на людей работоспособного возраста, что становится не только медицинской, но и социальной проблемой [1].

Исследования последних лет дают основания утверждать, что признаки заболевания есть у более, чем 9% детей и 5% взрослого населения. Рост заболеваемости, тяжесть течения, распространенность патологии во все более раннем возрасте ставят задачи, связанные не только с разработкой тактики лечения, но и с применением новых методов физической реабилитации (ФР), в частности метода спелеотерапии [1].

Актуальность исследования метода спелеотерапии в комплексной физической реабилитации при бронхиальной астме обусловлена улучшением проходимости воздухопроводящих путей, повышением активности мерцательного эпителия и фагоцитарной активности нейтрофилов, что способствует снижению гиперреактивности и бронхиальной обструкции.

Цель исследования – повысить эффективность применения комплексной физической реабилитации больных с заболеванием бронхиальная астма на основе использования методики спелеотерапии.

Медикаментозное лечение БА является основным средством купирования симптомов и предотвращения обострений.

Наиболее эффективны ингаляционные кортикостероиды, бета-2-агонисты, лейкотриеновые антагонисты и современные биопрепараты.

Однако, необходимость в их длительном применении, риск побочных эффектов и снижение чувствительности к препаратам требуют поиска дополнительных немедикаментозных методов [2, 4].

Физическая реабилитация – эффективная составляющая терапии. Она способствует укреплению дыхательной мускулатуры, снижает частоту приступов, повышает толерантность к нагрузке и улучшает психоэмоциональное состояние.

Основными средствами ФР являются лечебная физкультура, дыхательная гимнастика, водные процедуры и др. [5].

Спелеотерапия является значительным дополнением к традиционным методам реабилитации. Научно обоснован её положительный эффект на функцию дыхательной системы: улучшение мукоцилиарного клиренса, снижение воспаления, восстановление проходимости дыхательных путей. Важным преимуществом спелеотерапии является её немедикаментозный характер и возможность комбинированного применения с физическими упражнениями. При этом усиливается эффект применения ЛФК и дыхательной гимнастики, а также оказывается выраженное психосоматическое воздействие, способствующее уменьшению тревожности, улучшению сна и качества жизни [3, 6].

Метод применения спелеотерапии основан на использовании природных соляных пещер или специально созданных соляных комнат.

Соляная среда имеет ряд положительных характеристик: особый минеральный состав (в воздухе соляной пещеры содержатся микроэлементы и соли, такие как натрий, хлор, магний и кальций, которые оказывают благоприятное воздействие на организм); чистота воздуха (естественные антисептические свойства); отсутствие аллергенов (в соляных помещениях нет пыли и аллергенов) [3].

В исследовании участвовали 20 добровольцев в возрасте от 30 до 45 лет, имеющих клинически подтверждённый диагноз бронхиальной астмы лёгкой или средней степени персистенции. Были сформированы две однородные по возрасту, полу и исходным показателям группы по 10 человек: контрольная группа (КГ), которая получала стандартную физическую реабилитацию (ЛФК, дыхательная гимнастика, релаксационные упражнения) и экспериментальная группа (ЭГ), которая в дополнение к стандартной программе получала сеансы спелеотерапии. Сеансы проходили в соляной комнате, параметры микроклимата – температура: 18–20 °С; влажность: 50–60 %; концентрация аэрозольных частиц NaCl: 1–5 мг/м³; отрицательная ионизация воздуха до 500 ионов/см³. Пациенты находились в покое, прослушивая успокаивающую музыку. Сеансы проводились 3 раза в неделю по 40 минут. Общая продолжительность курса – 18 сеансов.

Эксперимент длился 6 недель, программы физической реабилитации для контрольной и экспериментальной групп были выполнены в полном объёме.

Перед началом исследования фиксировались базовые значения показателей дыхательной функции, физической выносливости и качества жизни, которые между группами, статистически не различались, что подтверждает их однородность. Например, объем форсированного выдоха в 1 с (ОФП₁) в КГ составил $2,51 \pm 0,12$ л, а в ЭГ – $2,48 \pm 0,10$ ($P > 0,05$); жизненная емкость легких (ЖЕЛ) в КГ составила $3,85 \pm 0,16$ л, ЭГ – $3,80 \pm 0,18$ л ($P > 0,05$).

Условия проведения исследования были идентичны для обеих групп, включая температурный режим, продолжительность занятий и проводились под наблюдением специалиста по адаптивной физической культуре.

По окончании 6-недельного курса проведена повторная оценка всех исследуемых показателей дыхательной системы. полученные данные контрольных тестов обработаны и проанализированы. Анализ результатов показал следующее: среди всех участников наблюдалась улучшение показателей дыхательной системы, но наиболее выраженная положительная динамика оказалась у пациентов экспериментальной группы.

Так, показатели спирометрии (ОФВ₁ и ЖЕЛ) в ЭГ улучшились на более значительную величину, чем в КГ (табл.).

Таблица

Показатели спирометрии после эксперимента			
Показатель	КГ	ЭГ	Р
ОФВ ₁ (л)	2,65 ± 0,11	2,92 ± 0,13	<0,01
ЖЕЛ (л)	3,98 ± 0,15	4,21 ± 0,14	<0,05

В целом же пациенты ЭГ отмечали снижение частоты приступов, уменьшение потребности в бронхолитиках, тогда как пациенты КГ таких изменений не фиксировали.

Физическая реабилитация пациентов с бронхиальной астмой является важным элементом комплексного лечения, направленного на улучшение физического состояния, облегчения симптомов и повышение качества жизни.

Индивидуально подобранные программы тренировок, регулярный контроль за состоянием пациента и обучение методам управления симптомами позволяют добиться значительного прогресса в контроле над заболеванием. Включение же сеансов спелеотерапии в комплекс физической реабилитации больных БА позволяет достичь более выраженных и устойчивых результатов в сравнении с традиционными методами.

Список литературы

1. Адо, В.А. Бронхиальная астма. – М.: Медицина, 2002. – 264 с.
2. Васильева, И.Н. ЛФК при бронхолегочных заболеваниях. – СПб.: СпецЛит, 2008. – 160 с.
3. Волкова, Л.П. Нетрадиционные методы в реабилитации. – М.: Академия, 2004. – 240 с.
4. Дембо, А.Г. Клиническая физиология дыхания. – М.: Медицина, 1984. – 380 с.
5. Епифанов, В.А. Физическая реабилитация. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 416 с.
6. Казначеев, В.П. Климато- и спелеотерапия. – М.: Медицина, 1985. – 240 с.

ИНФЕКЦИИ, ПЕРЕДАЮЩИЕСЯ ПОЛОВЫМ ПУТЕМ В МОЛОДЕЖНОЙ СРЕДЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПРОДУКТИВНЫХ УСТАНОВОК И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ

Петров Д.И., ORCID 0000-0003-2705-1927,
Полухина А.О., ORCID 0009-0002-7889-6997,
Частиков И.П., ORCID 0009-0004-0922-5801

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет», г. Тюмень, РФ
fatsplat@mail.ru, alinapoluhina357@gmail.com, castikovivan@gmail.com

Согласно определению ВОЗ, репродуктивное здоровье является неотъемлемой частью общего здоровья человека наравне с физическим, психическим и социальным благополучием [1]. Современная медицинская практика показывает, что вопросы сексуального здоровья молодежи требуют комплексного подхода, включающего своевременную диагностику инфекций мочеполового тракта, психологическую поддержку, формирование ответственного отношения к профилактике ИППП и осознанный выбор партнеров. Инфекции, передающиеся половым путем, остаются серьезной проблемой общественного здравоохранения, особенно в молодежной среде, где отмечается высокий уровень рискованного поведения [2].

Цель – исследовать оценку уровня знаний молодых людей о вопросах сексуального здоровья и их готовности к профилактике заболеваний, передающихся половым путем, на основе социологического опроса.

Исследование проводилось с использованием авторского интернет-опросника в рамках одномоментного поперечного исследования. В анкетировании участвовали 75 респондентов в возрасте от 15 до 22 лет (средний возраст $18,2 \pm 2,27$ года), из которых 52 девушки (69,3 %) и 23 юноши (30,7 %). Участники были распределены по трем возрастным группам с учетом особенностей физиологического и психосексуального развития.

Установлено, что при том, что 94,7 % опрошенных заявили о своей осведомленности относительно проблемы ИППП, детальное изучение источников их информированности свидетельствует о поверхностном характере знаний в данной области. Проблематика инфекций, передающихся половым путем, требует системного подхода в связи с высокой контагиозностью возбудителей и серьезными медико-социальными последствиями для индивидуального здоровья и экономики здравоохранения. 35 респондентов (46 % от общего числа) ведут активную половую жизнь. Возрастной анализ выявил относительно небольшие

различия в сексуальной активности между первой и второй группами: в возрасте 15-17 лет половую жизнь ведут 30 % участников, среди совершеннолетних (18-19 лет) этот показатель составляет 41,18 %, в то время как в третьей группе (20-22 года) – 73,33 %. При анализе знаний о методах контрацепции и их практическом применении наиболее популярным среди всех возрастных групп оказался барьерный метод (95 % респондентов). Тревожным фактором является частое упоминание прерванного полового акта как метода предохранения, что указывает на недостаточную осведомленность о рисках развития венерических заболеваний в молодежной среде.

Доминирующим источником является интернет – 69 опрошенных (более 80 %) используют его для поиска информации. Вторым по популярности источником стало общение со сверстниками и друзьями – 37 человек (около 47 %). Консультации с медицинскими работниками занимают лишь третье место (менее 40%), что свидетельствует о недостаточном взаимодействии молодежи со специалистами здравоохранения. Ключевым аспектом профилактики ИППП является регулярное медицинское обследование. Результаты исследования показали, что профилактические осмотры у специалистов проходят только 39 участников (52 % от общего числа анкетированных). На вопрос о вакцинации против вируса папилломы человека положительно ответили лишь 25 респондентов (33,3 % от общего числа), что является неудовлетворительным показателем. Полученные данные указывают на необходимость пересмотра существующих подходов к медицинскому консультированию молодежи и разработки более эффективных стратегий профилактической работы.

Исследование выявило существенное противоречие между декларируемым уровнем осведомленности молодежи о проблеме ИППП и их реальными знаниями о методах профилактики и практических навыках безопасного поведения. Обнаружен значительный разрыв между теоретическим пониманием проблемы и ее практическим решением, что приводит к недостаточной реализации профилактических мероприятий и, как следствие, повышает риски латентного распространения инфекционных заболеваний среди молодого населения [3]. Результаты исследования обосновывают необходимость совершенствования системы медицинского образования молодежи и повышения доступности квалифицированной медицинской помощи по вопросам репродуктивного здоровья.

Список литературы

1. Плахова К.И. и др. Иммунные и генетические факторы нарушения репродуктивной функции, ассоциированные с урогенитальной хламидийной инфекцией у человека // Вестник дерматологии и венерологии. – 2010. – № 6. – С. 39-45. - EDN NPQKXY.

2. Хрянин А.А. Совершенствование методов первичной профилактики ИППП и ВИЧ-инфекции среди молодежи // Вестник дерматологии и венерологии. – 2021. – Т. 97, № 4. – С. 71-79. – DOI 10.25208/vdv1203. – EDN FJMKNY.
3. Яковенко А.В. Информированность молодежи о проблеме инфекций, передающихся половым путем // Актуальные вопросы современной науки. – Уфа, 2021. – С. 177-184. – EDN FZMNXY.
4. Кубанова А.А. и др. Современные направления и перспективы развития лабораторной диагностики инфекций, передаваемых половым путем // Вестник дерматологии и венерологии. – 2011. – № 5. – С. 54-63.
5. Рахматулина М.Р. Результаты изучения особенностей сексуального поведения несовершеннолетних различных социальных групп. Вестник дерматологии и венерологии. – 2009. – № 2. – С. 13–19.
6. Global HIV & AIDS statistics – Fact sheet. URL: <https://www.unaids.org/en/resources/fact-sheet>
7. Хрянин А.А. и др. Знания и информированность молодых людей о ВИЧ/СПИД и особенности их полового поведения // Вестник дерматологии и венерологии. – 2018. – Т. 94, №5. – С. 59-65.

УДК 616-097.3: 579.25

ПОИСК ШИРОКОНЕЙТРОЛИЗУЮЩИХ ЭПИТОПОВ АНТИТЕЛ VNABS Z13 И 10E8 ПРИ ПОМОЩИ ФАЗОВОГО ДИСПЛЕЯ И МЕТОДА NGC- СЕКВЕНИРОВАНИЯ

Росляков К.А., ORCID 0009-0001-1175-2510

ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор»,
г. Новосибирск, РФ
ros007@list.ru

В конце 90-х годов появились сообщения о том, что сыворотки некоторых ВИЧ-инфицированных содержат антитела, способные нейтрализовать спектр изолятов вируса. Эти антитела получили название широконейтрализующих (broadly neutralizing antibodies, bNAbs). Антитела с умеренным спектром нейтрализации обнаруживаются более чем у половины хронически инфицированных.

У 1% носителей формируются антитела, нейтрализующие широкий спектр первичных изолятов (до 99% всех известных изолятов ВИЧ-1).

Изучение свойств bNAbs и регионов ВИЧ-1, с которыми они взаимодействуют, позволяет получить не только фундаментальные знания о природе этого уникального явления, но и весьма полезно для исследований, направленных на создание вакцины.

Один из методов изучения эпитопной специфичности широконейтрализующих антител – технология фагового дисплея.

Целью исследования было картирование эпитопов антител z13 и 10E8, нейтрализующих широкий спектр изолятов ВИЧ-1 при помощи фагового дисплея.

Фаговая пептидная библиотека GerLab на основе вектора fth1 была предоставлена Джонатаном Гершони (Факультет естественных наук им. Джорджа Шнейвайса Вайза, Тель-Авивский университет, Израиль). Отбор фаговых клонов, специфично связывающихся с антителами z13 и 10E8, проводили при помощи аффинной селекции, по стандартной методике. МКА иммобилизовались на пластиковую поверхность планшета, в которую затем была добавлена фаговая пептидная библиотека. После инкубирования в течение 15 минут, фаги, не связавшиеся с антителами, отмывали промывочным буфером.

Специфично связавшиеся фаговые клоны элюировали и амплифицировали для нового цикла селекции.

Для получения обогащенной популяции фагов, содержащих целевые последовательности различных МКА, нам потребовалось разное количество раундов.

Титр элюатов определяли с помощью титровки по Грациа. Концентрацию фаговых частиц в исходном растворе высчитывали по следующей формуле: $\text{сумма бляшек в двух повторах} \times 1000 / 2 \times \text{степень соответствующего разведения}$ (например, $3 \times 1000 / 2 \times 10^{10} = 1,5 \times 10^{13}$ БОЕ/мл).

Анализ аминокислотного состава при помощи NGS-секвенирования на геномном секвенаторе Ion Proton Sequencer (Thermo Fisher Scientific, США) показал, что в образовании стабильного комплекса МКА 10E8 с пептидом МРЕР белка gp41 ВИЧ-1 принадлежит остаткам Trp-33, Tyr-99–Asp-100–Phe-100a–Trp-100b и Gly-100d тяжелой цепи иммуноглобулина. Glu-53, Lys-97 и Tyr-98 участвуют в прямых межмолекулярных контактах с пептидом МРЕР белка gp41. Антитело 2F5 имеет эпитоп специфичность ELDKWA с пептидом МРЕР белка gp41.

В работе с помощью фагового дисплея определили ключевые эпитопы и структуры связывания, при помощи NGS-секвенирования идентифицировали аминокислотные остатки, непосредственно участвующие во взаимодействии с МРЕР-регионом белка gp41 ВИЧ-1, картировали участки антигена, которые распознаются z13 и 10E8, что важно для создания вакцин и таргетной терапии.

Установлено, что для поиска эпитопов bnAbs z13 и 10E8 требуется разное количество раундов аффинной селекции, что может быть связано с включением в эпитоп 10E8 как белковых, так и липидных элементов.

ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ГИПОСИАЛИИ НА ФОНЕ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА

Таримов К. О.¹, ORCID 0000-0001-6246-3551,
Иванченко К. С.^{1,2}, ORCID 0009-0000-4201-5137

¹ Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени
С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ

² Инжиниринговый центр «Генетические и клеточные биотехнологии» ФГАОУ ВО
«Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ
kirito.k@yandex.ru, dubil.tsin.ko@mail.ru

В настоящее время для определения степени нарушения функции больших слюнных желез у плановых стоматологических больных применяется общая сиалометрия в сочетании с анамнезом болезни [1]. Однако, применяемые сегодня стандарты диагностики не учитывают патогенетические особенности сложного симптомокомплекса, в частности угнетение местных метаболических реакций в паренхиматозных органах, сочетающегося с процессом микроангиопатии и генетической предрасположенностью к различной интенсивности роста соединительной ткани у больных с метаболическим синдромом (МС) [2, 3].

Цель исследования – оценка эффективности совместного применения клинических и лабораторных методов исследования для повышения точности диагностики степени поражения и нарушения функции слюнных желез при метаболическом синдроме.

Более точное определение степени нарушения функции слюнных желез при МС можно осуществлять сочетанно, оценивая как степень гипосиалии, так и интенсивность воспаления и наличие полиморфизма С-174G гена интерлейкина 6 (IL-6), а также скорость кровотока микроциркуляторных сосудов.

С этой целью мы применяли определение четырёх биомаркеров в биологических жидкостях организма и при проведении функциональных проб, что позволило учитывать весь симптомокомплекс патологии слюнных желез. В сыворотке крови пациентов с МС и патологией слюнных желез определяли наличие полиморфизма С-174G гена IL-6 и концентрацию С-реактивного белка, кроме того, измеряли скорость кровотока в микроциркуляторном русле ногтевого ложа и проводили общую сиалометрию.

Проводили исследования в 2 группах пациентов с МС и патологией слюнных желез: 1-я – контрольная группа (n=40), для которых проводилась только диагностика согласно клиническим рекомендациям, 2-я – основная группа (n=40) с дополнительной диагностикой. Статистическую обработку

полученных результатов проводили с использованием методов вариационной статистики с вычислением средних величин (М), их стандартными отклонениями (m) и оценкой t-критерия Стьюдента.

После проведения оценки состояния больных указанными методами, для представителей обеих групп проводилось инструментальное диагностическое исследование методом сиалографии для определения достоверности выявленной степени тяжести патологии слюнных желез:

В результате у пациентов 1 группы отмечено подтверждение оценки степени тяжести сиалоденита в 60% случаев, тогда как во 2 группе – в 90 % случаев.

Таким образом, совместное использование комбинации указанных лабораторных и клинических методов позволяет более точно определять степень тяжести поражения слюнных желез при их сочетанной патологии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в рамках проекта МОЛ/2024/4.

Список литературы

1. Starz F., Giacomelli B., Hamza B., Valdec S. Sialometry - Use in daily practice. Swiss Dent J. 2021. 131(3): 253-255. DOI: 10.61872/sdj-2021-03-05
2. Мохначева С. Б. Изменение слюнных желез у крыс в эксперименте при гипотиреозе и метаболическом синдроме. Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. 2020. – № 3. – С. 72-74. – EDN GQBFHO
3. Арутюнян С. Э. Заболевания слюнных желёз у больных с метаболическим синдромом: специальность 14.01.14 "Стоматология": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Москва. – 2012. – С. 25.

УДК 591.182: 612.015.6/.018: 612.454: 612.741: 57.084.1

ЭФФЕКТЫ СУБХРОНИЧЕСКИ ВВОДИМОГО БИОТИНА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЫСТРО ТИПА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА КРЫСАХ

Труш В.В.¹, д-р биол. наук, доц., ORCID 0000-0001-8514-8431,
Соболев В.И.², д-р биол. наук, проф., ORCID 0000-0001-9318-5224

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ,
²ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
г. Ялта, Респ. Крым, РФ
ver.trush@yandex.ru

В последнее время в медицине интенсивно развивается метаболическое направление, направленное на коррекцию обменных нарушений различного генеза и повышение резистентности организма к действию различных факторов, в том числе физических и эмоциональных

нагрузок. Одним из относительно безопасных метаболически активных веществ является биотин (витамин В₇, или витамин Н) – водорастворимый витамин группы В, выступающий не только коферментом в составе некоторых карбоксилаз и транскарбоксилаз, но и оказывающий собственные эффекты на клетки путем регуляции транскрипции генов [1], трансляции и посттрансляционных процессов [2].

В ряде работ выявлены позитивные эффекты биотина на нервно-мышечную систему. В частности, установлено участие биотина в регуляции скорости окисления свободных жирных кислот в скелетных мышечных волокнах [3], его способность обеспечивать непрерывное пополнение пула оксалоацетата и соответственно защиту клеток от избыточного накопления в митохондриях ацетил-КоА [4], увеличивать поглощение глюкозы скелетными мышцами за счет увеличения содержания переносчика GLUT4 в общей фракции мембран мышечных волокон [5], улучшать биогенез митохондрий, повышать активность митохондриальных комплексов I и II и уменьшать окислительный стресс в мышечных волокнах [6, 7]. Все эти эффекты биотина должны позитивно отражаться на функциональных характеристиках скелетных мышц, в том числе их физической работоспособности, восстановлении после утомления и повышении устойчивости мышечных волокон к апоптозу после тяжелых физических нагрузок.

Целью работы послужило исследование в экспериментах на крысах эффектов субхронически вводимого биотина (0,4 мг/кг/сутки, на протяжении 10, 30 и 60 дней) на функциональное состояние *m. tibialis anterior*.

Эксперименты проводились на половозрелых крысах-самках 4-5-ти месячного возраста, первоначально разделенных на 2 группы: контрольную (n=10, К-группа) и опытную (n=30, В₇-группа), животные которой получали биотин (В₇, «Медиобиотин», ГмбХ, Германия) в дозе 0,4 мг/кг/сутки (перорально) на протяжении 10, 30 и 60 дней. По окончании сроков введения биотина на наркотизированных животных (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривенно) проводили острый опыт, в ходе которого с помощью методов стимуляционной электромиографии и миографии изучали электрофизиологические и сократительные параметры *m. tibialis anterior* в условиях вызванного ее возбуждения и сокращения, которые индуцировали путем раздражения сверхпороговым электрическим током малоберцового нерва.

Субхроническое введение биотина (на протяжении 30-60 дней) обуславливало увеличение ($p < 0,05$ относительно контроля) амплитуды (на 67-83 %) и длительности (на 31-37 %) М-ответа, что на фоне увеличения массы мышцы (на 17-30 %) косвенно указывает в пользу гипертрофии мышечных волокон. Субхроническое введение биотина предопределило появление функциональных признаков сдвига гистохимического профиля *m. tibialis anterior* в окислительную сторону: удлинение периода активного

состояния мышцы (на 17-26 %) и уменьшение скорости расслабления (на 21-23 %) при одиночном сокращении, уменьшение скорости тетанического сокращения (на 22-23 %), уменьшение степени посттетанической потенциации (на 26-36 %) на фоне увеличения соотношения между амплитудой тетануса и одиночного сокращения (до 4,6:1 против 3,5:1 у контроля), удлинение периода максимальной работоспособности мышцы (на 43-90 %) относительно контроля ($p < 0,05$). При этом биотин обуславливал повышение устойчивости мышцы к утомлению, в пользу чего указывает удлинение ($p < 0,05$ относительно контроля) периода максимальной (на 43-90 % спустя 30-60 дней ежедневного введения препарата) и субмаксимальной (на 36 % спустя 60 дней введения) работоспособности мышцы. Кроме того, у животных, получавших биотин, отмечалось более быстрое в сравнении с контролем ($p < 0,05$) восстановление параметров одиночного сокращения мышцы после утомляющей работы.

Полученные в модельных экспериментах на животных данные демонстрируют эффективность субхронического применения биотина в повышении работоспособности скелетной мышцы быстрого типа и скорости ее восстановления после утомляющей работы, что может быть полезно при динамических физических нагрузках, но при этом отмечается ухудшение скоростных параметров сокращения быстрой мышцы, что может негативно отразиться на результатах при анаэробных физических нагрузках.

Список литературы

1. Ortega-Sáenz P. Selective accumulation of biotin in arterial chemoreceptors: requirement for carotid body exocytotic dopamine secretion / P. Ortega-Sáenz, D. Macías, K.L. Levitsky, J.A. Rodríguez-Gómez, P. González-Rodríguez, V. Bonilla-Henao, I. Arias-Mayenco, J. López-Barneo // *J. Physiol.* – 2016. – V. 594, № 24. – P. 7229-7248.
2. Riveron-Negrete L. Pharmacological Effects of Biotin in Animals / L. Riveron-Negrete, C. Fernandez-Mejia // *Mini. Rev. Med. Chem.* – 2017. – V. 17, №6. – P. 529-540.
3. Trumble G.E. Purification and characterization of rat skeletal muscle acetyl-CoA carboxylase / G.E. Trumble, M.A. Smith, W.W. Winder // *Eur. J. Biochem.* – 1995. – V. 231, №1. – P. 192-198.
4. Бровкина И.Л. Влияние энергизирующих и антиоксидантных витаминов на эргопротекторные эффекты умеренно высокой внешней температуры в норме и при голодании / И.Л. Бровкина, Р.В. Ананьев, Л.Г. Прокопенко // *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. – 2016. – №2. – С. 50-54.
5. Sasaki Y. Administration of biotin prevents the development of insulin resistance in the skeletal muscles of Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty rats / Y. Sasaki, H. Sone, Sh. Kamiyama, M. Shimizu, H. Shirakawa, Y. Kagawa, M. Komai, Yu. Furukawa // *Food Funct.* – 2012. – V. 3, №4. – P. 414-419.
6. Sun M. Mitochondrial nutrients stimulate performance and mitochondrial biogenesis in exhaustively exercised rats / M. Sun, F. Qian, W. Shen, C. Tian, J. Hao, L. Sun, J. Liu // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2012. – V. 22, №6. – P. 764-775.
7. Hao J. Mitochondrial dysfunction in the liver of type 2 diabetic Goto-Kakizaki rats: improvement by a combination of nutrients / J. Hao, W. Shen, L. Sun, J. Long, E. Sharman, X. Shi, J. Liu // *Br. J. Nutr.* – 2011. – V. 106, №5. – P. 648-655.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОПРОТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ГОРМОНОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСХОДА ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

Филимонов Д.А., д-р мед. наук, ORCID 0000-0002-4542-6860,

Белоцерковская М.А., ORCID 0009-0004-3019-144X,

Трубникова Н.Н., ORCID 0009-0002-3407-5927,

Кисиленко И.А., ORCID 0009-0006-6404-2930,

Бурцева А.А., ORCID 0009-0001-6827-6033

ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»,

г. Донецк, РФ

margarita-amb@mail.ru

Инсульт и его последствия представляют собой глобальную медицинскую, социальную и экономическую проблему. Ежегодно во всем мире происходит 12,2 миллиона инсультов [1], что остается одной из основных причин смерти и инвалидности. Реперфузионная терапия как общепринятый метод лечения, значительно улучшает функциональные результаты у пациентов с острым ишемическим инсультом, однако имеет ряд серьёзных ограничений, главное из которых – наличие узкого терапевтического окна. В связи с этим в последние 15 лет наметилась тенденция к использованию различных эндогенных веществ и их синтетических аналогов для фармакологической нейропротекции [2].

Тиреоидные гормоны (ТГ) могут быть перспективными эндогенными нейропротекторами. Они необходимы для нормального функционирования центральной нервной системы, и предполагается, что ТГ могут регулировать экспрессию гена нейротрофического фактора мозга (BDNF) и синаптическую пластичность, а также влиять на процессы нейровоспаления и апоптоза [3]. Уровень ТГ влияет на процессы роста и созревания нейронов, в частности, на процессы миграции, клеточной дифференцировки, расширения дендритных отростков, синаптогенеза и миелинизации нервных клеток [4].

Для доказательства возможной причинно-следственной связи между уровнем Т₃ и функциональными исходами инсульта мы использовали новый метод оценки влияния факторов риска на исход заболевания — менделевскую рандомизацию (МР). Наиболее популярным методом анализа МР является двухвыборочный подход, основанный на использовании данных об однонуклеотидных полиморфизмах (SNP) из общедоступных баз данных широкомасштабных полногеномных ассоциативных исследований (GWAS).

Цель работы – определить наличие причинно-следственной связи между уровнем свободного T_3 (св T_3) и тяжестью ишемического инсульта с помощью анализа МР.

Однонуклеотидные полиморфизмы, связанные с уровнем свободного T_3 , были получены из GWAS, проведенного консорциумом ThyroidOmics [5]. В качестве порогового значения в оценке значимости однонуклеотидных полиморфизмов использовалось $p < 5 \times 10^{-7}$. Однонуклеотидные вариации, связанные с тяжестью инсульта, были получены из базы данных GISCOME (Genetics of Ischemic Stroke Functional Outcome network) [6], в которой в качестве переменной, отражающей тяжесть инсульта, использовалась модифицированная шкала Рэнкина.

Анализ проводился с использованием языка R версии 4.4.3 и пакета TwoSampleMR (версии 0.5.6) в среде разработки RStudio (версия 2024.09.1).

После проверки на неравновесное сцепление генов мы окончательно отобрали 13 SNP как инструментальные переменные, поскольку остальные отсутствовали в базе данных GISCOME без доступных прокси.

Генетически предсказываемое повышение уровня св T_3 статистически значимо отрицательно коррелировало с риском неблагоприятного исхода ишемического инсульта при анализе с использованием метода взвешенной обратной дисперсии ($p = 0,018$, $b = -0,543$). Отношение шансов неблагоприятного исхода ишемического инсульта составило ОШ = 0,581 при 95 % ДИ = 0,37–0,91. Результаты были схожими при анализе чувствительности на основе метода взвешенной медианы ($p = 0,074$, $b = -0,599$). Тест МР-Эггера не выявил признаков горизонтальной плеiotропии влияния уровня св T_3 на исход ишемического инсульта ($p = 0,345$). Также был проведен тест на гетерогенность, который не выявил ее наличия.

Для большинства однонуклеотидных полиморфизмов, использованных в качестве инструментальных переменных в МР-анализе, их ассоциации с какими-либо признаками и клиническая значимость не описаны. Исключением является rs1169288 — миссенс-вариант HNF1A (гепатоцитарного ядерного фактора 1-альфа), ассоциации которого с уровнями холестерина липопротеинов низкой плотности, общего холестерина и гамма-глутамилтрансферазы были обнаружены в базах данных GWAS и SNP (EMBL-EBI, SNPedia). В свою очередь, гамма-глутамилтрансфераза участвует в поддержании физиологической концентрации глутатиона в клетках и защищает их от повреждений, связанных с окислительным стрессом.

Результаты нашего исследования подтверждают данные ряда исследований, посвященных прогностической значимости уровня св T_3 в сыворотке крови у пациентов с острым ишемическим инсультом. В 2018 году был проведен метаанализ публикаций по этой проблеме. Авторы анализа пришли к выводу, что снижение уровня св T_3 в сыворотке крови у

пациентов с острым ишемическим инсультом является надежным прогностическим критерием, напрямую коррелирующим с вероятностью неблагоприятного исхода [7].

Существует несколько предполагаемых механизмов влияния T_3 на течение ишемического инсульта. ТГ регулируют пути, участвующие в восстановлении нервной ткани и связанные с процессами нейропластичности, нейрогенеза, ангиогенеза и глутаматной токсичности посредством геномных и негеномных механизмов. К настоящему времени накоплен большой объем данных о потенциальных нейропротекторных эффектах T_3 . В то же время клинические исследования эффективности синтетических аналогов T_3 в улучшении результатов инсульта до сих пор не проводились, хотя некоторые из этих аналогов, например, лиотиронин, имеют приемлемый профиль безопасности. Наше исследование является еще одним подтверждением необходимости подобных клинических испытаний.

Исследование показало, что высокие уровни свободного трийодтиронина могут находиться в причинно-следственной связи с благоприятными исходами ишемического инсульта. В дополнение к недавним клиническим и экспериментальным данным результаты нашего исследования представляют собой очередное доказательство возможности использования аналогов тиреоидных гормонов для улучшения результатов ишемического инсульта.

Исследования проводились в рамках Государственного задания Министерства Здравоохранения № 1023042500162-8-3.1.4;3.2.25 (2023–2025).

Список литературы

1. Triiodothyronine treatment in mice improves stroke outcome and reduces blood-brain barrier damage / D.Ullrich et al // Eur. Thyroid. J. – 2025. – 14. – e240143. – DOI 10.1530/etj-24-0143.
2. Marmolejo-Martínez-Artesero S. Endogenous Mechanisms of Neuroprotection: To Boost or Not to Be. / S. Marmolejo-Martínez-Artesero, C. Casas, D. Romeo-Guitart // Cells. – 2021. – 10. – 370. – DOI 10.3390/cells10020370
3. Thyroid Hormone Supplementation Restores Cognitive Deficit, Insulin Signaling, and Neuroinflammation in the Hippocampus of a Sporadic Alzheimer's-like Disease Rat Model / P.Sepulveda et al // Cells. – 2024. – 13. – 1793. – DOI 10.3390/cells13211793.
4. Liu, Y.-Y. The Role of Thyroid Hormone in Neuronal Protection / Y.-Y. Liu, G.A. Brent // Compr. Physiol. – 2021. – 11. – P. 2075–2095. – DOI 10.1002/cphy.c200019
5. Multi-trait analysis characterizes the genetics of thyroid function and identifies causal associations with clinical implications / R.B. Sterenborg et al // Nat. Commun. – 2024. – 15. – 888. – DOI 10.1038/s41467-024-44701-9.
6. Genome-wide association meta-analysis of functional outcome after ischemic stroke / M. Söderholm et al. // Neurology. – 2019. – 92. – e1271–e1283. – DOI 10.1212/WNL.0000000000007138
7. A prognostic role for Low tri-iodothyronine syndrome in acute stroke patients: A systematic review and meta-analysis / N. Lamba et al. // Clin. Neurol. Neurosurg. – 2018. – 169. – P.55–63. – DOI 10.1016/j.clineuro.2018.03.025

СТРУКТУРНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ АНАЛОГИ ТИРОНАМИНОВ И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ НЕЙРОПРОТЕКТОРОВ

Филимонов Д.А.¹, д-р мед. наук, ORCID 0000-0002-4542-6860,

Ересько А.Б.², канд. хим. наук, ORCID: 0000-0002-3521-5314,

Белоцерковская М.А.¹, ORCID 0009-0004-3019-144X,

Трубникова Н.Н.¹, ORCID 0009-0002-3407-5927,

Кисиленко И.А.¹, ORCID 0009-0006-6404-2930,

Глебова А.Э.¹

¹ ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ,

² Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, РФ
margarita-amb@mail.ru

Тиронамины (ТА) относятся к классу биогенных аминов и представляют собой производные гормонов щитовидной железы. Тиреоидные гормоны (ТГ) являются важнейшими сигнальными молекулами, регулирующими разнообразные физиологические и патологические процессы. Основные ТГ — это L-тироксин (Т₄) и 3,3',5-трийодо-L-тиронин (Т₃). Однако в 2004 году в крови и тканях человека была обнаружена ещё одна активная эндогенная молекула, физиологическая функция которой в значительной степени противоположна роли Т₃ в организме, — 3-йодтиронамин (3-T1AM). Основной мишенью 3-T1AM было определено семейство рецепторов, связанных со следовыми аминами (в частности, TAAR1). Позже был выявлен другой биогенный амин, лишенный молекулы йода, — тиронамин T0AM, физиологические свойства которого были схожи с таковыми для 3-T1AM, но в ряде случаев характеризовались меньшей степенью выраженности эффекта [1].

Открытие ТА привлекло значительное внимание к их предполагаемому потенциалу в качестве нового терапевтического средства для лечения различных заболеваний. В частности, было установлено, что эти соединения и их синтетические аналоги эффективны при нарушениях обмена веществ и нейродегенеративных заболеваниях. Ряд исследований показал, что нейропротекторное действие тиронаминов и их аналогов может быть обусловлено активацией сигнальных путей MAPK/ERK (регуляция апоптоза и выживаемости клеток), CREB/BDNF (влияние на эмоциональную и когнитивную сферу, уровень оксидативного стресса у грызунов), а также модуляцией дофаминергической системы [2–4].

Для проверки научной гипотезы о наличии нейропротективных эффектов у дейодированных метаболитов тиреоидных гормонов в ГУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко»

был синтезирован водорастворимый синтетический аналог тиронамина Т0АМ (далее – СА-Т0АМ-2). Для изучения биологических эффектов полученного препарата нами в ФГБУ «ИНВХ им. В.К. Гусака» Минздрава России была проведена серия экспериментов на лабораторных животных.

Цель работы – изучить потенциальный нейропротективный эффект лиганда ТААР-рецепторов – синтетического аналога тиронамина.

Основная часть. Исследование биологических эффектов СА-Т0АМ-2 проводили на 30 белых лабораторных крысах обоих полов линии Wistar из питомника «Стезар» массой 350-400 г, которые содержались в стандартных условиях вивария. Крысам группы «Опыт» вводили СА-Т0АМ-2 после формирования ишемии головного мозга путем аппликации хлорида железа к оболочкам головного мозга. У животных группы «Контроль» экспериментальная ишемия протекала без лечения. В группе ложнооперированных животных в качестве аппликаций после хирургических манипуляций использовали 0,9% раствор хлорида натрия. Четвертую группу составили интактные особи.

Внутрибрюшинное однократное введение гидрофильного СА-Т0АМ-2 в дозировке 50 мг/кг, растворенного в 1 мл воды для инфузий, приводило к существенному снижению ректальной температуры (на 1,85 °С, $F=5,28$) уже спустя 30 минут после инъекции. Термометрия спустя сутки не выявила статистически значимых различий между группами ($F=0,98$). Эти данные позволяют рассматривать ТА как потенциальные агенты гипотермии. Терапевтическая гипотермия позволяет обеспечивать нейропротекцию, подавляя развитие эксайтотоксичности и отека головного мозга.

Для определения показателей тревожности, двигательной и исследовательской активности животных тестировали в установке «Открытое поле» до операции и спустя 24 и 72 часа после операции. На первые сутки после формирования ишемического инсульта между группами наблюдались различия в поведенческой активности ($p = 0.00565$), при этом наименьшие значения отмечены в экспериментальной группе, что мы связываем с седативным действием СА-Т0АМ, замедляющего общий метаболизм. Снижение общей активности сопровождалось отсутствием груминга — поведенческого маркера внутреннего напряжения и тревожности ($p=0.0005$). К третьим суткам разница в поведенческой активности между исследуемыми группами отсутствовала ($p = 0,95$).

На 3 сутки после операции методом иммуноферментного анализа определяли содержание в ткани больших полушарий маркеров повреждения головного мозга. Белки GFAP (глиальный фибриллярный кислый белок), NSE (нейроспецифическая енолаза), BDNF (нейротрофический фактор мозга) неспецифически повышаются в ответ на процедуру трепанации черепа во всех группах, кроме интактной. Обнаружено повышение уровня нейроглобина (NGB) в интактном полушарии экспериментальных крыс группы «Опыт» по сравнению с «Контролем» ($p=0,05$). Нейроглобин имеет

высокое сродство к кислороду и экспрессируется в нейронах головного мозга с высокой степенью специфичности. Экспрессия NGB связана с улучшением ишемического повреждения и функциональной регенерацией у грызунов [5]. Снижение экспрессии NGB увеличивало нейрональное гипоксическое повреждение *in vitro* и ишемическое повреждение *in vivo* [6,7]. Повышение уровня NGB в интактном полушарии у животных из группы «Опыт» в нашем исследовании может указывать на подключение компенсаторных реакций, направленных на усиление снабжения ткани головного мозга кислородом, а также быть связанным с независимыми от ишемии эффектами СА-Т0АМ-2.

Водорастворимый аналог СА-Т0АМ-2 представляет интерес для дальнейшего научного исследования с последующим применением в клинической практике как потенциальный нейропротектор. Его можно рассматривать в качестве потенциального агента гипотермии, который не вызывает побочных эффектов, связанных с переохлаждением, и в то же время обладает собственными нейропротективными функциями, такими как уменьшение апоптоза и повышение выживаемости нейронов и нейроглии. Предполагается наблюдение за долгосрочными эффектами препарата в моделях без трепанации черепа.

Исследования проводились в рамках Государственного задания Министерства Здравоохранения № 1023042500162-8-3.1.4;3.2.25 (2023–2025).

Список литературы

1. Thyroxine metabolite-derived 3-iodothyronamine (T1AM) and synthetic analogs as efficient suppressors of transthyretin amyloidosis / B.Kim et al // Comput Struct Biotechnol J. – 2023. – Vol. 21. – P. 4717-4728. – DOI 10.1016/j.csbj.2023.09.028.
2. Activation of Trace Amine-Associated Receptor 1 Stimulates an Antiapoptotic Signal Cascade via Extracellular Signal-Regulated Kinase $\frac{1}{2}$ / X. Shi, TL. Swanson, NB. Miner, AJ. Eshleman, A. Janowsky // Mol Pharmacol. – 2019. – Vol. 96, No 4. – P. 493-504. – DOI 10.1124/mol.119.116798.
3. DAPK1 mediates cognitive dysfunction and neuronal apoptosis in PSD rats through the ERK/CREB/BDNF signaling pathway / X.Zhang et al // Behav Brain Res. – 2024. – Vol. 471. – P. 115064. – DOI 10.1016/j.bbr.2024.115064.
4. Amphetamines signal through intracellular TAAR1 receptors coupled to G α 13 and G α S in discrete subcellular domains / SM. Underhill et al // Mol Psychiatry. – 2021. – Vol. 26, No 4. – P.1208-1223. – DOI 10.1038/s41380-019-0469-2.
5. Expression of Acidic Fibrillar Protein and Neuroglobin in Thrombolytic Patients in Ischemic Stroke / H. Pawluk et al. // Clin Interv Aging. – 2024. – Vol. 19. – P.1529-1543. – DOI 10.2147/cia.S469624
6. Ischemic Postconditioning Protects Against Global Cerebral Ischemia/Reperfusion-Induced Injury in Rats / J.-Y. Wang et al // Stroke. – 2008. – Vol. 39, No 3. – P. 983-990. – DOI 10.1161/STROKEAHA.107.499079
7. Neuroglobin protects nerve cells from apoptosis by inhibiting the intrinsic pathway of cell death / S.Raychaudhuri // Apoptosis. – 2010. – Vol. 15, No 4. – P. 401-411. – DOI 10.1007/s10495-009-0436-5

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА И МЕДИ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И ПОЧВЕ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

Фролов В.К., канд. мед. наук, доц.,

Дурдывелиева Н., Мишина О.Г.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г.Тула, РФ

frolov-1939@list.ru

Российские учёные А.П. Виноградов и В.И. Вернадский создали учение о биогеохимических провинциях (территориях) на земной поверхности, которые отличаются по содержанию в них химических элементов. Избыток или недостаток тех или иных из них на различных территориях приводит к нарушению в развитии и жизнедеятельности живых организмов и человека в том числе [1]. Железо и медь относятся к эссенциальным микроэлементам, без которых жизнедеятельность человека невозможна [2]. Большая часть этих веществ поступает в организм человека с пищевыми продуктами. Вместе с тем содержание железа и меди в пищевых продуктах зависит от их концентрации в воде и почве территорий, где они были произведены.

Цель исследования – изучить влияние содержания железа и меди в питьевой воде и в почве на заболеваемость населения Тульской области.

Материалами исследования служили официальные публикации государственных структур Тульской области [3].

Данные из этих публикаций строились в таблицы и подвергались статистической обработке: вычислялись средние арифметические и коэффициент корреляции Спирмена.

В таблице 1 представлены показатели первичной заболеваемости взрослого населения Тульской области в 2020-2023 гг.:

- общей,
- онкологической,
- системы крови и органов кроветворения на территориях с различным содержанием железа в питьевой воде.

Из приведенных данных видно, что заболеваемость прогрессивно и достоверно уменьшалась по мере увеличения концентрации железа в питьевой воде.

Таблица 1

Заболеваемость взрослого населения Тульской области на территориях с различной концентрацией железа в питьевой воде

Группы территорий со средней концентрацией железа в питьевой воде (мг/л)		Показатели заболеваемости по указанным видам патологий на 1000 населения		
		общая первичная заболеваемость в 2023 г.	первичная онкологическая заболеваемость в 2023 г.	болезни крови и кроветворн. органов в 2020 г.
1-я группа в среднем (0.34 мг/л)		497.5±41.4	4.13±0.38	7.92±1.04
1	г. Венёвский район	391.9	3.41	7.0
2	г. Новомосковск и район	565.7	4.49	6.0
3	Плавский район	580.0	3.63	10.2
4	Тепло-Огарёвский район	431.8	5.29.	10.3
5	Узловской район	518.2	3.83	6.1
2-я группа в среднем (0.38 мг/л)		558.8±56.8	4.03±0.12	7.59±1.06
1	Богородицкий район	507.7	4.58	7.4
2	Воловский район	914.4	3.26	10.5
3	г. Ефремов и район	494.8	4.06	2.3
4	Каменский район	500.9	4.12	8.8
5	Кимовский район	402.3	3.81	13.2
6	Куркинский район	773.2	3.84	7.8
7	Одоевский район	475.5	3.91	8.2
8	г. Суворов и район	389.6	4.02	6.4
9	Чернский район	661.2	4.25	8.1
10	Ясногорский район	468.6	4.43	3.2
3-я группа в среднем (0.43 мг/л)		524.0±106.4	4.22±0.60	7.73±1.58
1	г. Алексин и район	376.5	4.71	7.5
2	Арсеньевский район	469.2	4.99	7.2
3	Белёвский район	793.5	4.49	11.4
4	Дубенский район	457.1	2.69	4.8
4-я группа в среднем (0.55 мг/л)		489.0±86.7	3.68±0.67	7.80±1.18
1	Заокский район	335.5	2.17	7.2
2	Киреевский район	575.8	4.11	5.7
3	г. Тула	653.4	4.91	7.7
4	г. Щёкино и район	391.2	3.51	10.6
Коэфф. корреляции Спирмена(ρ): концентрация/заболеваемость		$\rho = -0.4$ $p < 0,05$	$\rho = -0.4$ $p < 0,05$	$\rho = -0.2$ $p < 0,05$
Всего по Тульской области		552.9	4.31	7.4

Иные данные получены при изучении связи этих заболеваний с концентрацией меди в почве (табл. 2). Показатели общей заболеваемости, онкологическая и заболеваемость системы крови и кроветворения достоверно возрастали по мере увеличения концентрации меди в почве.

Таблица 2

Заболеваемость взрослого населения Тульской области
на территориях с различной концентрацией меди в почве

Группы территорий со средней концентрацией меди в почве (мг/кг)		Показатели заболеваемости по указанным видам патологий на 1000 населения		
		Общая первичная заболеваемость в 2023 г	Первичная онкологичес. заболеваемость в 2023 г	Болезни крови, кроветворных органов в 2020 г
1-я группа в среднем (3.0 мг/кг)		500.0±48.5	3.92±0.34	6.67±0.94
1	г. Алексин и р-н	376.5	4.71	7.5
2	Дубенский район	457.1	2.69	4.8
3	г.Ефремов и район	494.8	4.06	2.3
4	Заокский район	335.5	2.17	7.2
5	Каменский район	500.9	4.12	8.8
6	Куркинский район	773.2	3.84	7.8
7	Тепло-Огарёвский район	431.8	5.29	10.3
8	Чернский район	661.2	4.25	8.1
9	Ясногорский район	468.6	4.43	3.2
2-я группа в среднем (3.27 мг/кг)		503.0±50.7	3.89±0.25	8.75±1.22
1	г. Новомосковск и р-н	565.7	4.49	6.0
2	Одоевский район	475.5	3.91	8.2
3	Плавский район	580.0	3.63	10.2
4	г.Щёкино и район	391.2	3.51	10.6
3-я группа в среднем (3.34мг/кг)		514.3±90.6	3.89±0.27	8.40±1.27
1	Арсеньевский район	469.2	4.99	7.2
2	Венёвский район	391.9	3.41	7.0
3	Воловский район	914.4	3.26	10.5
4	Кимовский район	402.3	3.81	13.2
5	г.Суворов и р-н	389.6	4.02	6.4
6	Узловской район	518.2	3.83	6.1
4-я группа в среднем (3.65 мг/кг)		632.6±70.8	4.52±0.19	8.05±1.39
1	Белёвский район	793.5	4.49	11.4
2	Богородицкий р-н	507.7	4.58	7.4
3	Киреевский район	575.8	4.11	5.7
4	г.Тула	653.4	4.91	7.7
Коэфф.корреляции Спирмена(ρ): концентрация/заболеваемость		ρ =+0.99 p<0,05	ρ =+ 0.35 p<0,05	ρ =+ 0.20 p<0,05

Полученные результаты необходимо учитывать при организации медико-профилактических мероприятий на территориях с перечисленными экологическими особенностями.

Список литературы

1. Виноградов А.П. О генезе биогеохимических провинций // Труды Биогеохимической лаборатории. – 1960. – № 11. – С. 3-7.
2. Скальный А.В., Киричук А.А. Химические элементы в экологии, физиологии человека и в медицине. – М: 2020. – 209 с.
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Тульской области. Государственные доклады. – Тула: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тульской области за 2020-2024. Электронный ресурс: 71rospotrebnadzor.ru.

РОЛЬ СЕЛЕНА В ФИЗИОЛОГИИ И ПАТОЛОГИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Ченикалова А.С., ORCID 0009-0002-0971-6630,

Панчишко А.С., ORCID 0009-0003-3675-8198

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького»,

г. Донецк, РФ

atchenikalova@yandex.ru

Селен (Se) – микроэлемент, необходимый для нормального функционирования иммунной системы, замедления процессов старения организма, цитопротекции [1, 2]. Цель – оценить роль Se в физиологии и развитии патологии щитовидной железы.

Se активно регулирует процессы клеточной пролиферации и апоптоза, модулирует функционирование клеточных сигнальных систем и активность транскрипционных факторов [3]. Для фолликулярных клеток щитовидной железы характерно наличие ряда селенопротеинов [4]. Se имеет и антиканцерогенное действие [5]. Кроме того, дефицит Se рассматривается как значимый фактор риска аутоиммунного тиреоидита (АИТ). Ключевая роль микроэлемента в регуляции клеточного иммунитета заключается в уменьшении концентрации антител к щитовидной железе. Было выявлено терапевтическое действие селена (100 мкг/сут) у пациентов с АИТ. Его применение привело к улучшению функционального состояния щитовидной железы и качества жизни пациента, что связано со снижением уровня интерферона- γ и увеличением показателей интерлейкина-1 β [2]. Исследование Rasmussen et al. показало взаимосвязь между уровнем потребления Se и развитием узлового зоба [4].

Se для организма человека является незаменимым микроэлементом, особенно важным для функционирования щитовидной железы. Дефицит Se является фактором риска для многих заболеваний щитовидной железы.

Список литературы

1. Барчиэлли Дж. Роль селена в развитии патологий: обновлённый обзор / Дж. Барчиэлли, А. Капперуччи, Д. Танини // Антиоксиданты (Базель). – 2022. – Т.11, №2. – С. 251. – DOI 10.3390/antiox11020251.
2. Швыдка И.В. Влияние селена на состояние щитовидной железы и поиск эффективных средств для безопасной коррекции селенового статуса // Пятиминутка. – 2023 – Т. 70, №4. – С. 38-40.
3. Жук Т.В. Ожирение, репродукция и оксидативный стресс / Т.В. Жук, С.Д. Яворская, В.В. Востриков // Ожирение и метаболизм. – 2017. – Т.14, №4. – С.16–22. – DOI 10.14341/ОМЕТ2017416-22.
4. Олимова О. Микроэлемент с макроэффектом: как селен влияет на функцию щитовидной железы // Экономика и социум. – 2025. – Т. 129, №2-1.

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЛИПРЕНИЛФОСФАТОВ ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ АТЕРОСКЛЕРОЗА

Чернова Е.Ю., ORCID 0009-0005-5743-3936

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ»,
г. Москва, РФ
chernovaey2001@mail.ru

Атеросклероз является одной из ведущих причин смертности в мире и представляет собой хроническое воспалительное заболевание сосудистой стенки, сопровождающееся нарушением липидного обмена, эндотелиальной дисфункцией и прогрессирующим поражением артерий. Несмотря на наличие широкого спектра гиполипидемических и антиагрегантных препаратов, сохраняется необходимость поиска новых фармакологических средств, обладающих комбинированным механизмом действия и минимальными побочными эффектами.

Полипсенилфосфаты – группа биологически активных соединений, представляющих собой фосфорилированные производные поли-изопреновых спиртов, которые участвуют в процессах мембранного транспорта, биосинтеза гликопротеинов и регуляции клеточного метаболизма. В последние годы возрос интерес к их фармакологическому потенциалу, в том числе в контексте сердечно-сосудистых заболеваний [1, 2, 6].

Цель – оценить возможные ангио- и кардиопротекторные эффекты полипсирилфосфатов и перспективы их применения в кардиологии.

Полипсенилфосфаты обладают рядом свойств, определяющих их перспективность в терапии атеросклероза [3, 6]:

1. Антиоксидантное действие: доказано, что они снижают уровень перекисного окисления липидов и стабилизируют клеточные мембраны, что имеет ключевое значение для защиты эндотелия сосудов.

2. Мембраностабилизирующий эффект: встраиваясь в липидные бислои, полипсирилфосфаты улучшают барьерные свойства клеточных мембран и препятствуют повреждению сосудистой стенки при атерогенезе.

3. Влияние на липидный обмен: исследования показывают, что полипсирилфосфаты способны модулировать активность ферментов холестеринового и фосфолипидного обмена, снижая накопление атерогенных липопротеинов низкой плотности.

4. Иммуномодулирующий потенциал: при атеросклерозе ключевым фактором является хроническое воспаление. Полипсирилфосфаты оказывают регулирующее действие на экспрессию цитокинов, уменьшая воспалительный фон.

5. Перспективы клинической апробации: на доклиническом уровне показано, что введение полипсирилфосфатов животным с экспериментальным

атеросклерозом способствует улучшению липидного профиля крови и снижению выраженности атеросклеротических бляшек. Однако клинические исследования пока ограничены и требуют расширения. Фармакологическая активность полипренилфосфатов обусловлена их многофакторным влиянием на ключевые механизмы патогенеза атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний. Прежде всего, особое внимание привлекает их выраженный антиоксидантный эффект. Известно, что окислительный стресс является одним из ведущих факторов повреждения эндотелия сосудов и формирования атеросклеротической бляшки. Полипренилфосфаты способны снижать уровень перекисного окисления липидов и предотвращать модификацию липопротеинов низкой плотности, тем самым препятствуя их отложению в сосудистой стенке [1–3, 6].

Немаловажным является и мембраностабилизирующее действие данных соединений. Встраиваясь в липидные бислои клеточных мембран, полипренилфосфаты повышают их структурную устойчивость, улучшая барьерные свойства эндотелия и снижая восприимчивость к повреждению в условиях ишемии и реперфузии. Это свойство особенно актуально для пациентов с ишемической болезнью сердца и нарушениями микроциркуляции [2, 4, 6].

С точки зрения липидного обмена полипренилфосфаты проявляют способность регулировать активность ферментов холестерина и фосфолипидного метаболизма. В ряде экспериментальных работ показано, что они могут снижать уровень атерогенных липопротеинов и одновременно способствовать нормализации липидного профиля крови. По сравнению с традиционными статинами, такие соединения обладают более мягким и многокомпонентным действием, что делает их привлекательными для использования в качестве адъювантной терапии [3, 5–6].

Отдельного внимания заслуживает иммуномодулирующее и противовоспалительное действие полипренилфосфатов. В условиях хронического воспаления сосудистой стенки они снижают экспрессию провоспалительных цитокинов и одновременно повышают уровень противовоспалительных медиаторов, что в конечном итоге уменьшает активность макрофагов и замедляет прогрессирование атеросклеротического процесса. В дополнение к этому установлено, что полипренилфосфаты положительно влияют на эндотелиальную функцию за счет повышения биодоступности оксида азота, что способствует вазодилатации и уменьшению агрегации тромбоцитов [3, 5, 7].

Современные исследования также указывают на кардиопротективные и нейропротективные эффекты полипренилфосфатов. В условиях экспериментальной ишемии миокарда их введение сопровождалось уменьшением зоны некроза и нормализацией работы митохондрий, а при моделировании цереброваскулярных нарушений – снижением выраженности ишемического повреждения. Такие данные позволяют рассматривать полипренилфосфаты как универсальные протекторы, действующие на клеточном и тканевом уровнях [4, 5, 7].

Однако широкое внедрение этих соединений в клиническую практику сдерживается рядом фармакокинетических ограничений. Основной проблемой

является их низкая растворимость и быстрая метаболическая деградация в организме. Для решения данной задачи разрабатываются новые подходы к лекарственным формам, включая липосомальные и наночастичные системы доставки, которые позволяют увеличить биодоступность и обеспечить направленное действие препарата [3, 6].

Несмотря на ограниченное количество клинических исследований, уже имеющиеся данные демонстрируют положительное влияние полипренилфосфатов на липидный профиль крови и маркёры воспаления у пациентов с атеросклерозом. Эти результаты подтверждают перспективность дальнейшего изучения данной группы соединений в клинической фармакологии и их возможное применение в качестве инновационного терапевтического средства в кардиологии [5, 7].

Таким образом, фармакологическое действие полипренилфосфатов сочетает антиоксидантные, противовоспалительные и метаболические эффекты, что делает их потенциальными кандидатами для комплексной терапии сердечно-сосудистых заболеваний.

Полипренилфосфаты представляют собой перспективное направление в фармакологии сердечно-сосудистых заболеваний. Их многофакторное действие открывает возможности для применения в качестве как самостоятельных терапевтических агентов, так и адъювантов к существующим гиполипидемическим и антиагрегантным препаратам. Дальнейшие исследования в области клинической фармакологии и кардиологии необходимы для подтверждения эффективности и безопасности полипренилфосфатов при атеросклерозе [2, 3, 5, 6].

Список литературы

1. Brown, M. S., Goldstein J. L. Atherosclerosis: the biological basis of disease // *Cell*. – 2023. – V. 186, № 3. – P. 412-429. – DOI 10.1016/j.cell.2023.01.015.
2. Ивашкин В.Т., Трухманов А.С. Атеросклероз: современные представления о патогенезе и терапии. *Кардиология*. – 2022. – Т. 62, № 5. – С. 12-20. DOI 10.18087/cardio.2022.5.n123.
3. Chojnacki, T., Dallner, G. The biological role of polyprenols and polyprenyl derivatives. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*. – 2021. – Vol. 1863, Is/ 1. – 183500. – DOI 10.1016/j.bbamem.2020.183500.
4. Лопатина Н. Г., Судакова А. В. Мембранопротективные свойства изопреноидов. *Биоорганическая химия*. – 2020. – Т. 46, № 7. – С. 1014-1022. – EDN ZYXQWE.
5. Rodrigues, T. et al. Polyisoprenoids in health and disease: new pharmacological insights. *Frontiers in Pharmacology*. – 2020. – Vol. 11. – 567891. DOI 10.3389/fphar.2020.567891.
6. Николаев В.Г., Пономаренко А.Л. Новые подходы к фармакотерапии атеросклероза: фокус на метаболические пути. *Клиническая фармакология и терапия*. – 2019. – Т. 28, № 2. – С. 45-52. – EDN ABCDEF.
7. Surmacz L., Swiezewska E. Polyisoprenoids-secondary metabolites or physiologically important superlipids? *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2018. – Vol. 500, Is. 2. – P. 355-360. – DOI 10.1016/j.bbrc.2018.04.123.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аналитическая химия

УДК 543.66.061.35

ЭКСТРАКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ РЗЭ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

Добрыдин А.В., ORCID 0009-0005-9660-1744

Шама М.А., ORCID 0009-0009-7291-2117

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

av_dobrydin@mail.ru

Одним из источников выделения РЗЭ в промышленных регионах являются золошлаковые отходы, шахтные породы, отходы электроники и компьютерной техники. Модернизация электроники в наше время происходит интенсивно, это приводит к накоплению большого количества отходов с малоисследованным и разнообразным составом. Большинство редкоземельных элементов (РЗЭ) широко используются в производстве постоянных магнитных материалов, люминофоров. В связи с этим для разработки схем извлечения и определения РЗЭ в этих относительно неизученных объектах актуальными являются исследования методов селективного извлечения РЗЭ при переработке этого сырья.

Обоснована возможность специфического определения фоновых количеств индивидуальных редкоземельных элементов на примере разработанной методики электротермического определения иттербия (III) в золошлаковых отходах. Изучены первичные, вторичные, третичные амины и ЧАС для экстракционного извлечения РЗЭ цериевой и иттриевой подгрупп из тиоционатных, циклогексафосфатных и сульфатных растворов. Показано, что изменяя экстрагент и среду, из которой производится экстракция можно отделить РЗЭ от Fe (III), Al (III), Ca (II), Mg (II), U (VI), Zn (II), Ni (II) и др., которые являются сопутствующими в рудах, минеральном сырье, золошлаковых отходах и активном иле. Разработана комбинированная экстракционно-атомно-абсорбционная методика определения иттербия (III) в иле очистных сооружений с учетом содержания основных неорганических компонентов этого объекта. Для маскирования Fe (III) и Al (III) после разложения ила вводили сульфосалициловую кислоту. Сравнение данных с результатами независимого рентгеноспектрального метода подтверждает правильность разработанной методики. S_r разработанной методики не превышает 0,05.

ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ N-МЕТИЛАНИЛИНА В БЕНЗИНЕ

Матвиенко О.А., ORCID 0009-0005-0350-6837,
Рокун А.Н., канд. хим. наук, доц., ORCID 0009-0000-2362-9782
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
o.matvienko@donnu.ru, rokun502@donnu.ru

N-метиланилин (ММА) – вторичный ароматический амин используется как октаноповышающая добавка к бензину. Однако его использование в настоящее время ограничено из-за таких недостатков, как образование смолообразных продуктов при хранении, высокой токсичности отработанных газов. Техническим регламентом Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» введен запрет на использование монометиланилина для автомобильных бензинов экологического класса 5, и ограничено его содержание для бензина класса 2 – 1,3%, для бензина 3 и 4 классов – 1%.

ГОСТ Р 32515-2013 [1] устанавливает стандартную методику определения ММА методом капиллярной газовой хроматографии. Диапазон определяемых концентраций ММА лежит от 0,1 % до 5,0 %. Метод имеет ограничения по углеводородному составу топлива и требует дорогостоящего оборудования.

Предложены тест-методы определения содержания монометиланилина в бензинах [2-5]. Общим недостатком предложенных методов является их полуколичественный характер.

В работе [6] предложено количественное цветометрическое определение монометиланилина в углеводородных топливах. В качестве реагента используется тетрахлор-1,4-бензохинон, нанесённый на тонкослойную пластину для хроматографии. Интервал определяемых концентраций составляет от 0,005 % до 2,5 % об. Недостатком методики является длительная подготовка хроматографических пластин, использование толуола при подготовке хроматографических пластин, вариант бумажной хроматографии не исследован.

Нами предложена цветометрическая методика определения ММА в бензине с применением бумажной хроматографии. Определены оптимальные условия проведения индикаторной реакции, условия получения цифрового изображения. В качестве реагента используется раствор хлорида железа(III), нанесенный на фильтровальную бумагу. Продукт взаимодействия между определяемым веществом и реагентом окрашен в синий цвет. Изображение обрабатывалось с использованием

компьютерной программы для цифровой обработки изображений. В качестве аналитического параметра, связанного с концентрацией определяемого соединения была выбрана цветовая координата R в системе цветовых координат RGB. Интенсивность канала R зависит от концентрации монометиланилина в бензине. Зависимость интенсивности канала R-концентрация определяемого компонента адекватно описывается убывающей экспонентой 1-го порядка. Линейная зависимость лежит в интервале концентраций 0,005 %- 0,08% об. Разработанная методика является экспрессной, экономичной, соответствует принципам «зеленой химии», обладает высокой воспроизводимостью результатов. Правильность методики доказана методом добавок и сравнением с результатами, полученными независимыми методиками.

Информация о финансовой поддержке: *Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 124012400348-9).*

Список литературы

1. Бензины автомобильные. Определение N-метиланилина методом капиллярной газовой хроматографии: ГОСТ Р 54323-2011. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
2. Цветометрическое определение n-метиланилина в углеводородных средах / Е. И. Беляева, Л. В. Зрелова, Д. Ю. Марченко, А. Г. Дедов // Нефтехимия. – 2015. – Т. 55, №1. – С. 78-83. – DOI 10.7868/S0028242115010037. – EDN TFVMQB.
3. Патент N 2489715 Российская Федерация, G01N33/22 (2006.01), G01N31/22(2006.01). Способ определения монометиланилина в автомобильном бензине индикаторным тестовым средством: N2012139689: заявл. 18.09.2012: опубликовано: 10.08.2013 / Островская В.М., Сергеев С.М., Шарапа О.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации». – 7 с.
4. Амелин, В. Г. Фронтальный вариант хемосорбционной планарной хроматографии в тест-методах определения фенолов и ароматических аминов / В. Г. Амелин, И. С. Колодкин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2012. – Т. 12, № 2. – С. 10-15. – EDN PEKUBT.
5. Способ определения содержания монометиланилина в углеводородных топливах индикаторным средством и индикаторное тестовое средство для его осуществления: пат. 2013155205/15 Рос. Федерация: МПК G01N33/22, G01N31/22/ Дедов А.Г., Зрелова Л.В., Беляева Е.И., Иванова Е.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М.Губкина». – № 2548724, заявл. 2013.12.12; опублик. 2015.04.20. 19 с.: 2 н.п. ф-лы, 1 табл., 2 пр.
6. Способ определения содержания монометиланилина в углеводородных топливах: пат. 2609864 Рос. Федерация: МПК G01N33/22, G01N31/22/ Кузнецова О.Ю., Балак Г.М., Приваленко А.Н., Орешников А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное автономное учреждение «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации». – №2015153899, заявл.2015.12.16; опублик. 2017.02.06. – 22 с.: 1 з.п. ф-лы, 2 табл., 3 ил., 1 прим.

МИКРОЭКСТРАКЦИОННО-ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУРЬМЫ С КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ФИОЛЕТОВЫМ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Матвиенко О.А., ORCID 0009-0005-0350-6837,
Щепина Н.Д., канд. хим. наук, доц. ORCID 0000-0002-5871-7464
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
o.matvienko@donnu.ru, shnatalina@mail.ru

Введение. Сурьма относится ко второму классу опасности по санитарно-токсикологическим показателям. В окружающую среду привносится в результате промышленного производства и из природных источников. Постоянное воздействие сурьмы оказывает негативное влияние на здоровье человека, поэтому мониторинг содержания этого элемента в таких объектах как природные, шахтные и сточные воды является актуальной задачей.

Целью работы была разработка простой, экспрессной методики определения сурьмы в сточных водах.

Основная часть. Для достижения поставленной цели использовали гибридный подход – сочетание жидкостно-жидкостной микроэкстракции с цветометрическим определением.

Сурьму в виде ионного ассоциата ацидокомплекса $[SbCl_6]^-$ с органическим реагентом кристаллическим фиолетовым, извлекали микроэкстракцией толуолом, получали цифровое изображение окрашенного продукта и проводили цветометрическое определение содержания сурьмы с использованием компьютерной программы для цифровой обработки изображений.

Установлены оптимальные условия получения и микроэкстракционного извлечения ионного ассоциата ацидокомплекса сурьмы $[SbCl_6]^-$ с кристаллическим фиолетовым. Впервые исследованы цветометрические характеристики предложенной аналитической формы, определены диапазоны линейности цветометрических характеристик.

Заключение. Разработана методика определения сурьмы в высокоминерализованных сточных водах, которая отличается чувствительностью, простотой, сниженной себестоимостью, позволяет минимизировать применение токсичных растворителей и может быть использована для внелабораторного скрининга сурьмы.

Информация о финансовой поддержке: Исследования проводились в рамках государственного задания (регистрационный номер 124012400348-9).

Биохимия и органическая химия

УДК 547.288.4:541.124/541.123

МИЦЕЛЛЯРНЫЙ КАТАЛИЗ И РОЛЬ МОСТИКОВОЙ ГРУППЫ В ПРОЦЕССАХ РАЗЛОЖЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ ЭКОТОКСИКАНТОВ

Белоусова И.А., канд. хим. наук, ORCID 0000-0003-1534-5506,
Проконьева Т.М., канд. хим. наук, ORCID 0000-0003-0867-7449,
Котенко А.А., ORCID 0009-0004-7393-6237

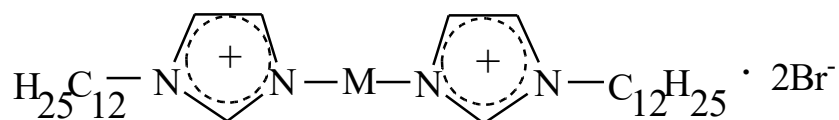
ФГБНУ» Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко»,
г. Донецк, РФ
alla.a.kotenko@yandex. ru

В настоящее время организованные микрогетерогенные системы (ОМС) на основе ПАВ широко используются на практике, в том числе, включая дизайн высокоэффективных катализаторов для детоксикации/утилизации экотоксикантов различной природы. Основными факторами, определяющими функциональную активность ПАВ, являются поверхностный заряд мицеллы, способствующий кулоновскому взаимодействию с отрицательно заряженными частицами, и наличие неполярных групп, отвечающих за связывание гидрофобных веществ. Дикатионные ПАВ (Gemini Surfactant GS), в состав которых входят два катионных центра, соединенных мостиковым фрагментом (спейсером), и два длинноцепочечных хвоста значительно отличаются по своим физико-химическим свойствам от мономерных аналогов. При этом природа спейсера оказывает существенное влияние на критические концентрации мицеллообразования (ККМ), поверхностную активность, положительный потенциал мицеллярной поверхности и т.п. Так, функционализация мостикового фрагмента, способного не только на дополнительные межмолекулярные взаимодействия, но и одновременно выполнять функцию реагента в реакциях разложения экотоксикантов несомненно расширяет возможности мицеллярного катализа.

Анализ влияния гидроксильной, оксиматной и полиметиленовых групп спейсера в GS 1–3 на мицеллярные эффекты проведен в процессах разложения 4-нитрофениловых эфиров фосфоновой (НФДЭФС), фосфорной (НФДЭФ) и толуолсульфоновой (НФТС) кислот. В качестве стандартной серии рассматривался щелочной гидролиз НФДЭФС, НФДЭФ, НФТС в ОМС на основе ПАВ 3.

Следовательно, варьирование структуры мостикового фрагмента (введение в спейсер гидроксильной и оксиматной групп) дает возможность оценить роль природы спейсера в мицеллярном «катализе» и обосновать дальнейшие пути модификации GS для создания эффективных ОМС.

Зависимость наблюдаемых констант псевдопервого порядка ($k_{\text{набл.}}$, с^{-1}) от концентрации ПАВ типична для мицеллярнокатализируемых реакций



М : $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NOH})-\text{CH}_2-$ (1), $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-$ (2), $(\text{CH}_2)_3$ (3)

(см. рис.). Скорость процесса по мере все более полного связывания реагентов возрастает, достигает предельного значения, а затем падает в связи с так имеющим место разбавлением субстрата.

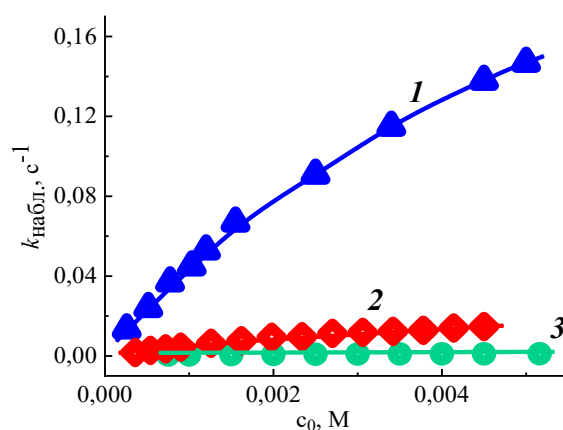
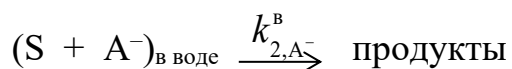
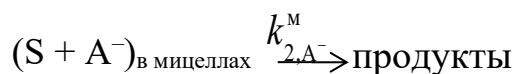


Рис. Зависимость величин $k_{\text{набл.}}$, с^{-1} от концентрации ПАВ (c_0 , M) для разложения НФДЭФС в ОМС на основе GS 1, 2 и 3, вода, 25 °C

В рамках псевдофазной распределительной модели (ПРМ) разложение субстратов в ОМС на основе ПАВ 1-3 многопоточный процесс, протекающий как в водной фазе, так и мицеллярной псевдофазе согласно схеме (A^- - нуклеофил):



С учетом схемы наблюдаемая скорость реакции ($k_{\text{набл.}}$, с^{-1}) подчиняется следующему выражению:

$$k_{\text{набл.}} = \frac{(k_2^{\text{M}}/V_{\text{M}})K_{\text{S}} \cdot K_{\text{A}^-} \cdot c + k_2^{\text{B}}}{(1 + K_{\text{S}}c)(1 + K_{\text{A}^-}c)} \cdot [\text{A}^-]_0 = \frac{k_{\text{M}} \cdot K_{\text{S}} \cdot K_{\text{A}^-} \cdot c + k_2^{\text{B}}}{(1 + K_{\text{S}}c)(1 + K_{\text{A}^-}c)} \cdot [\text{A}^-]_0,$$

где K_S и K_A -, M^{-1} – константы связывания субстрата и нуклеофила; k_m , c^{-1} – приведенная константа скорости первого порядка в мицеллах. Оптимизируемые в рамках ПРМ параметры представлены в таблице.

Таблица

Физико-химические параметры реакции разложения модельных аналогов экотоксикантов НФДЭФС, НФДЭФ и НФТС в мицеллах димерных катионных GS **1-3**, вода, pH 11, 25 °C

ПАВ	Субстрат	K_S, M^{-1}	$k_{2,A^-}^M, M^{-1}c^{-1}$	$k_{2,A^-}^M / k_{2,A^-}^B, \Delta_1$	Δ_2	$\Delta = \Delta_1 \cdot \Delta_2$
1	НФДЭФС	155	0,20	4,3	31	130
	НФДЭФ	175	0,017	1,5	35	53
	НФТС	1700	0,016	1,6	340	540
2	НФДЭФС	170	0,64	4,27	29,7	127
	НФДЭФ	190	0,033	4,13	30,7	127
	НФТС	1530	0,73	81	46,1	3740
3	НФДЭФС	310	0,033	0,22	34,8	7,7
	НФДЭФ	230	0,0044	0,55	32,8	18,0
	НФТС	5140	0,0055	0,61	51,8	31,6

Варьирование природы спейсера позволяет установить как ряд общих закономерностей, так и отличий во влиянии мостиковой группы на мицеллярные эффекты ПАВ. Во-первых, не вызывает сомнения, что основным фактором, контролирующим увеличение скорости в ОМС на основе GS (Δ), являются изменение реакционной способности реагента (Δ_1) и эффекты концентрирования реагентов (Δ_2) (табл.). Во-вторых, независимо от природы субстрата максимальный каталитический эффект отмечается для GS **1**, в состав спейсера которого входит α -нуклеофильный фрагмент (рис.). В ОМС на основе функционализированного ПАВ щелочной гидролиз практически не вносит вкладов в $k_{набл.}$, а за разложение модельных аналогов экотоксикантов отвечает взаимодействие с оксимат-ионом. В-третьих, промежуточный каталитический эффект имеет место для ОМС на основе GS **2**, а расщепление субстратов обеспечивается реакцией щелочного гидролиза. И, наконец, минимальное увеличение скорости щелочного гидролиза имеет место в ОМС на основе GS **3** и таковой не превышает ~ 30 раз по сравнению с реакцией в воде. Анализ кинетических данных по разложению модельных аналогов экотоксикантов в ОМС свидетельствует о том, что варьирование природы мостика должно включать его функционализацию. Такой путь модификации GS дает возможность реализовать максимальные каталитические эффекты.

Информация о финансовой поддержке: Исследования проводились в рамках НИР «Нековалентные взаимодействия в организованных средах» FRES-2023-0001.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПРОТОНОДОНОРНЫХ РЕАГЕНТОВ НА СКОРОСТЬ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НУКЛЕОФИЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ ЭПОКСИДНОГО ЦИКЛА

Бондаренко В.В., ORCID 0009-0007-5694-1837,

Бахтин С.Г., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0003-3401-8770

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
s.bahtin@donnu.ru

Общеизвестно, что реакции оксиалкилирования протонодонорных реагентов лежат в основе многих процессов современного органического синтеза при получении полимеров, лекарственных препаратов, биологически активных соединений и многих других промежуточных продуктов, используемых в технике, быту, медицине и т.д. Благодаря этому на сегодняшний день накоплена обширная информация и в значительной степени разработана теория реакций нуклеофильного замещения у атома углерода оксиранового цикла.

Вместе с тем, на фоне отмеченных достижений до сих пор присутствуют противоречивые данные касательно некоторых кинетических закономерностей этих реакций, включая порядок реакции по протонодонорному реагенту и обоснование этого порядка с точки зрения механизма реакции.

Целью данной работы является всестороннее изучение влияния природы и концентрации протонодонорных реагентов на скорость нуклеофильного раскрытия оксиранового цикла эпихлоргидрина при катализе пиридином. Кинетику реакции изучали в растворителях низкой и средней полярности, наблюдая за расходом протонодонорного реагента при помощи кислотно-основного титрования алиquot реакционных смесей. Кинетические данные обрабатывали с использованием современного метода РПКА (reaction progress kinetic analysis), позволяющего экстрагировать информацию о механизме процесса на основе анализа полной кинетической кривой изучаемой реакции.

В результате проведенных исследований установлено, что в изучаемых системах наблюдается переменный порядок по кислотному реагенту, который зависит от глубины протекания реакции. Предложено обоснование наблюдаемой закономерности на основе механизма реакции оксиалкилирования протонодонорных реагентов.

Информация о финансовой поддержке: Исследование выполнено в рамках деятельности молодежной лаборатории «Катализ и ингибирование трансформаций органических субстратов (нуклеофильного замещения, окисления-восстановления, поликонденсации) в направленном синтезе целевых структур и создании полифункциональных композиций с заданными свойствами» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700063-2-1.4.1).

ВАРЬИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АКТИВИРОВАННЫХ ЭФИРОВ АМИНОКИСЛОТ В МЕЖФАЗНО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗА

Дорошкевич В.С., ORCID0000-0001-6566-8747,
Баранова О.В., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0001-9173-2036,
 ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.s.doroshkevich@mail.ru

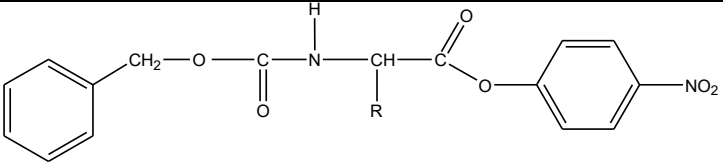
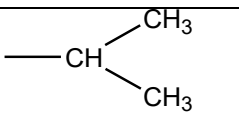
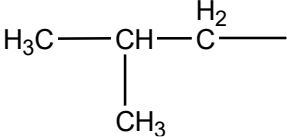
Введение. Известно, что реакция щелочного гидролиза сложного эфира проходит согласно механизма нуклеофильного замещения S_N2 , может быть описана в виде синхронного ослабления связи C-Z (Z – нуклеофуг) и образования новой связи C-Nu (Nu – нуклеофил) в переходном состоянии [1]. Предполагается, что стабильность переходного состояния, сложного эфира должна зависеть от объёмных заместителей вблизи карбонильного углерода (в группе R) или в алкоксильной группе (R'), а стерические препятствия создают затруднения для нуклеофильной атаки карбонильного углерода. Для проверки этой гипотезы проведен поиск дескрипторов взаимосвязи «структура – свойство».

Цель – поиск дескрипторов, характеризующих реакционную способность 4-нитрофениловых эфиров N-бензилоксикарбонилглицина при варьировании структуры радикалов аминокислоты.

Основная часть. Объектом исследования выбран ряд активированных эфиров N-защищенных аминокислот, структура которых представлена в таблице.

Таблица

Структурные формулы активированных эфиров аминокислот, используемых для расчетов

R:		
H	(1)	4-нитрофениловый эфир N-бензилоксикарбонилглицина
—CH ₃	(2)	4-нитрофениловый эфир N-бензилоксикарбонилаланина
	(3)	4-нитрофениловый эфир N-бензилоксикарбонилвалина
	(4)	4-нитрофениловый эфир N-бензилоксикарбониллейцина

$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{C}^{\text{H}_2} - \text{CH} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	(5)	4-нитрофениловый эфир N-бензилоксикарбонилизoleyцина

Исследования структуры выполнены в рамках теории функционала плотности (DFT) с использованием гибридного функционала B3LYP в программе Gamess (US) рассчитаны геометрические, электронные и термодинамические характеристики изучаемых соединений. Структуры исходных соединений оптимизировали квантово-химическим методом PM6. На уровне B3LYP/6-311++G (d, p) рассчитаны термодинамические характеристики. Все расчеты проведены в стандартных условиях (T=298K, P=1атм) в газовой фазе.

Определено, что для сложных эфиров, в зависимости от структуры радикала аминокислоты, междуатомное расстояние d(C—O) находится в пределах от 1,7 – 2,1 Å. Анализ геометрического строения молекул сложных эфиров показывает, что, варьируемые радикалы аминокислот стремятся к наиболее симметричной конформации. Атомы водорода в ароматической структуре максимально удалены от ближайших атомов водорода соседних групп. Плоскость бензольного кольца 4-нитрофенола ориентирована перпендикулярно к плоскости бензилоксикарбонильного радикала, величина торсионного угла сложно-эфирной группировки для всех соединений составляет порядка 99° и этот угол не изменяется при варьировании структуры введенного заместителя аминокислоты. Соединения (1 – 5) обладают сходным геометрическим строением сложно-эфирного фрагмента, варьируемые радикалы аминокислот не вносят изменений в геометрию сложно-эфирной связи. Поэтому использование параметров молекулярной геометрии в качестве дескрипторов молекулярной структуры может быть неэффективным.

Самая распространенная группа дескрипторов межмолекулярных взаимодействий для анализа связи *структура-активность* связана с понятием липофильности, её обычно связывают со стерическими параметрами изучаемых соединений. В подавляющем числе случаев для количественного описания липофильности берут распределение (P) соединений в модельной системе органическая/водная фаза. В качестве дескриптора этой системы использовали значение lgP для полярных и неполярных радикалов изучаемых соединений. Рассчитанные значения величины липофильности lgP для данного ряда соединений (1 – 10) принадлежат интервалу 1,68 ÷ 2,65. Это значит, что данные соединения смогут легко преодолевать поверхность раздела органической и водной фаз. Наблюдается линейная зависимость между величиной липофильности и энергией гидратации (рисунок).

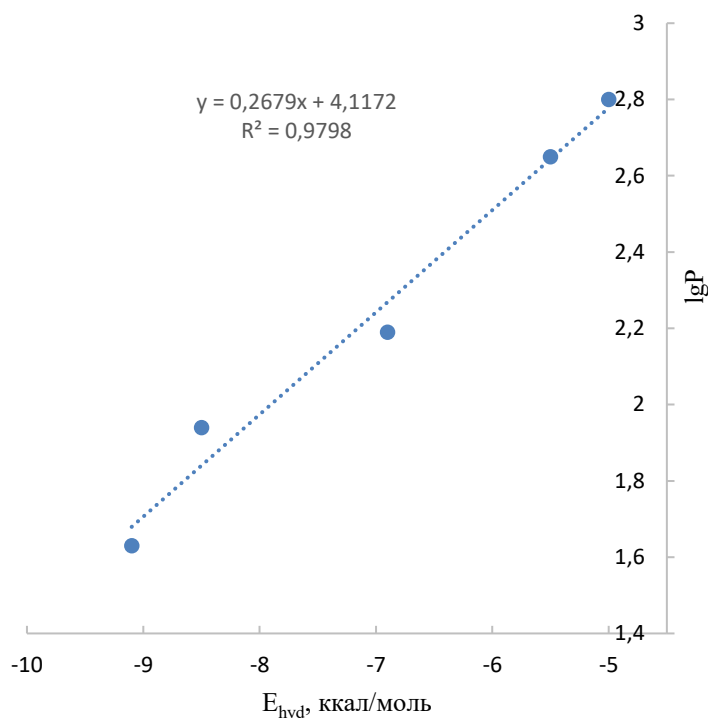


Рис. Зависимость между величиной липофильности и энергией гидратации 4-нитрофениловых эфиров аминокислот

Следовательно, данная характеристика может использоваться в качестве структурного дескриптора N-активированных эфиров аминокислот.

Заключение. Для изучаемого ряда (1 - 5) соединений структурным дескриптором является энергия гидратации. На основании полученных квантово-химических расчетов можно спрогнозировать влияние заместителей в активированных эфирах аминокислот без использования ресурсоемких затрат на синтез исходных субстратов. Отмечается невысокая чувствительность к структуре аминокислоты в реакции щелочного гидролиза активированных эфиров. Расчеты могут быть использованы для развития теоретических представлений о механизме межфазно-каталитических процессов с разветвленным каталитическим циклом в системах жидкость/жидкость.

Информация о финансовой поддержке: *Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 124051400022-7).*

Список литературы

1. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 3 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. — 9-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 570 с. — ISBN978-5-906828-33.

ИЗУЧЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПРЯНОАРОМАТИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ

Клементьева Л.О., Кортаева В.В.

Богодист-Тимофеева Е.Ю., канд. техн. наук, доц.,

Брановицкая Т.Ю., канд. с.-х. наук, доц.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, РФ
bogodist_tim@mail.ru

Введение. Растительное сырье является сложной многокомпонентной системой, переработка и использование которого имеет не только свои преимущества, но и сталкивается с рядом проблем. В особенности это касается применения в пищевой отрасли, где требования к качеству готового изделия строго регламентированы. В настоящее время масляные растительные экстракты широко применяются в пищевой промышленности в качестве самостоятельного продукта и сырьевого компонента, придавая пищевому изделию определенные вкусоароматические свойства и обогащая его ценными питательными веществами. Основной качественной характеристикой экстрактов, обусловленной областью их применения, является окислительная стабильность, обычно отражаемая в соответствии с ГОСТами измерением перекисного и кислотного чисел.

Целью работы является изучение изменений характеристических показателей окислительной устойчивости с течением времени, а именно кислотного и перекисного чисел, масляных экстрактов пряноароматических растений крымского региона.

Основная часть. Считается, что окислительные процессы в товарных растительных маслах и жирах протекают по сложному автокаталитическому свободно-радикальному механизму, инициированному попадающим в масло кислородом, на разных стадиях которого образуются различные продукты окисления. Кислотное число (КЧ), выражаемое в мгКОН/г жира, указывает на количество свободных алифатических (жирных) кислот, присутствующих в исходном масле и образующихся на последних стадиях обрыва свободно-радикальной цепочки превращений. Перекисное число (ПЧ) наоборот, указывает на наличие гидропероксидов жирных кислот, образующихся на начальном этапе окисления, реакционно неустойчивых предшественников вторичных продуктов окисления простых липидов (оксикислот, эпокси- и оксосоединений). Высокое значение перекисного числа может свидетельствовать о высокой скорости реакций образования гидроперекисных соединений или низкой скорости их дальнейшего

превращения. Практически для всех пищевых масел, рафинированных и нерафинированных, установлены предельные значения КЧ и ПЧ, указанные в соответствующем ГОСТе или ином нормативно-техническом документе, и выше которых масло считается непригодным для употребления в пищу и пищевое производство.

И кислотное, и перекисное числа в аналитической химии определяют титриметрически [1, 2]. Определение КЧ заключается в титровании светлоокрашенного спирто-эфирного раствора пробы испытуемого продукта спиртовым раствором гидроксида калия в присутствии индикатора (фенолфталеина/тимолфталеина) и основано на реакции нейтрализации жирных кислот щелочью. Количественное определение ПЧ основано на реакционном взаимодействии растворенной в смеси уксусной кислоты и хлороформа пробы жира с калий йодистым и последующим титрованием выделившегося при этом свободного йода водным раствором тиосульфата $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Согласно ГОСТ [3] норма ПЧ не должна превышать 10 ммоль/кг в нерафинированном подсолнечном масле, и 6 ммоль/кг в рафинированном; КЧ нерафинированного масла регламентируется до 1,50–4,00 мгКОН/г в зависимости от сорта масла.

Объектами экспериментальной работы стали масляные экстракты крымского растительного сырья – розмарина обыкновенного или лекарственного (*Rosmarinus officinalis* L.) и лаванды узколистной (*Lavándula angustifolia*). Экстракты получены по традиционной методике – мацерацией, а в качестве экстрагента использовали смеси нерафинированных растительных масел также регионального происхождения: подсолнечное, расторопши пятнистой, льна масличного и черного тмина.

При экстрагировании неполярными растительными маслами в экстракт эфиромасличных культур переходят неполярные и малополярные соединения, среди которых фенольные соединения, дубильные вещества, пигменты и летучие ароматические вещества, образующие эфирное масло. Эфирное масло розмарина в основном содержит цинеол, камфен, α – пинен, борнеол, камфору, кариофиллен и борнил-ацетат; главная составляющая лавандового масла – сложноэфирные соединения L-линалоола и карбоновых кислот (уксусной, масляной, валериановой и капроновой), и дополнительно – цинеол, гераниол, борнеол.

Опыты по динамическим изменениям КЧ и ПЧ образцов масляных экстрактов проводились в течение 21 дня, с периодичностью измерений – 7 дней. Динамика изменений ПЧ отображена на рисунке 1, кислотных чисел – рисунке 2.

Заключение. Исследования изменений кислотного и перекисного чисел показали интенсивную положительную динамику прироста значений: практически через месяц значения достигли предельных нормируемых цифр.

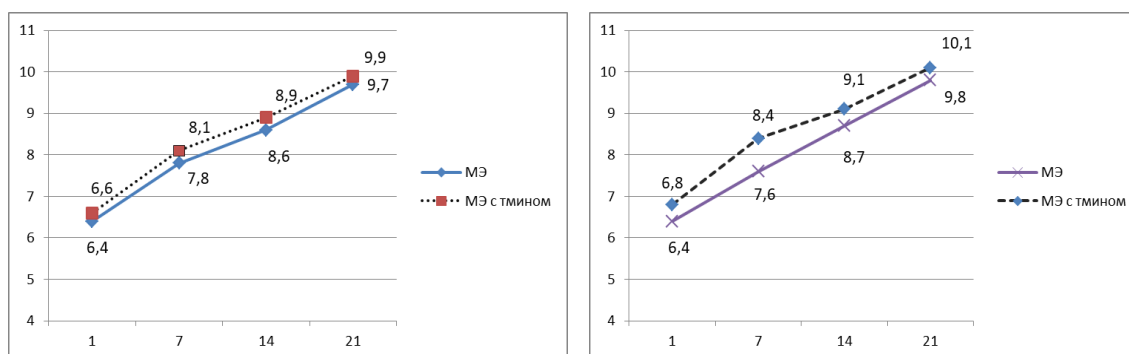


Рис. 1. Изменение перекисного числа масляных экстрактов розмарина лекарственного (слева) и лаванды узколистной (справа)

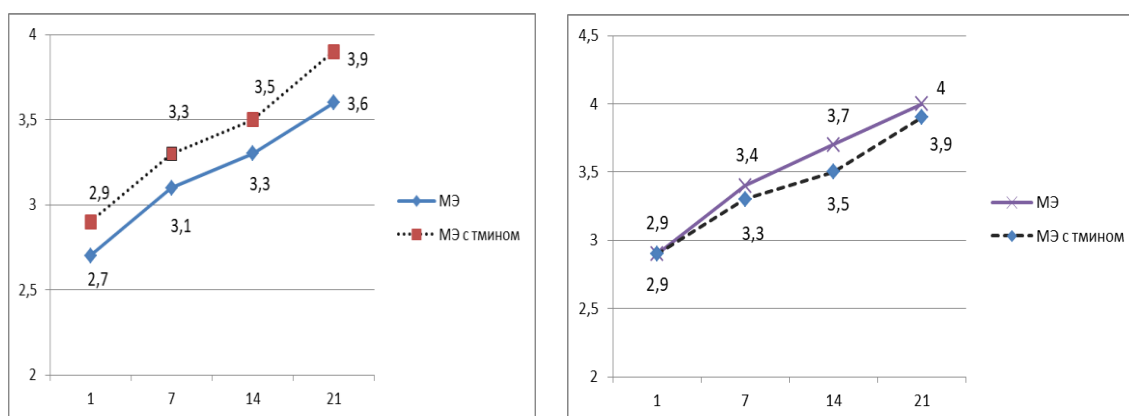


Рис. 2. Изменение кислотного числа масляных экстрактов розмарина лекарственного (слева) и лаванды узколистной (справа)

Полученный результат будет важен и с практической точки зрения – для установки сроков хранения экстрактов, для работы по совершенствованию технологии экстрагирования.

Список литературы

- ГОСТ 26593-85. Масла растительные. Метод измерения перекисного числа Межгос. стандарт : издание официальное, с изменениями: утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 25.07.85 N 2363 : дата введения 1986-01-01 – Москва: Стандартинформ, 2021. — 10 с. – Текст : непосредственный.
- ГОСТ 31933-2012. Масла растительные. Методы определения кислотного числа. Межгос. стандарт : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 октября 2013 г. № 1253-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 1129—2013 : дата введения с 1 июля 2014-07-01 / подготовлен ГНУ «ВНИИЖ» Россельхозакадемии – Москва : Стандартинформ, 2014. — 19 с. – Текст : непосредственный.
- ГОСТ 1129-2013. Масло подсолнечное. Технические условия. Межгос. стандарт : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июня 2013 г. № 178-ст межгосударственный стандарт : дата введения с 01.01 2014 / подготовлен ГНУ «ВНИИЖ» Россельхозакадемии – Москва : Стандартинформ, 2019. — 11 с. – Текст : непосредственный.

ВЛИЯНИЕ pH НА ОКСИДАЗНОЕ И ПЕРОКСИДАЗНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ФЕНОЛА

Кравченко Е.М., ORCID 0009-0008-9153-9701,

Дорошкевич В.С., ORCID 0000-0001-6566-8747,

Калашников К.М.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

elena_kravchenko1994@mail.ru

Введение. Ферментативное окисление фенолов перспективно с точки зрения разработки методов очистки природных сред от промышленных загрязнений. Фенол является сравнительно трудноокисляемым субстратом, однако он подвергается превращению под действием оксидаз и пероксидаз в мягких условиях [1, 2].

Целью данной работы является исследование влияния pH на скорость оксидазного и пероксидазного окисления фенола, а также подбор среды, оптимальной для его удаления из воды.

Основная часть. При лакказном окислении фенола образуется продукт красно-коричневого цвета, который выпадает в осадок со временем. Выделение, очистка и идентификация данного продукта затруднены. Спектральная картина при лакказном окислении фенола такова, что для наблюдения за кинетикой пригодна только полоса поглощения, соответствующая продукту (продуктам) ($\lambda_{max} = 400$ нм).

Начальная скорость накопления продукта наибольшая при pH 5,4 в случае лакказного окисления, а максимальная скорость пероксидазного окисления наблюдается при pH около 7,9 (рис. 1 и 2).

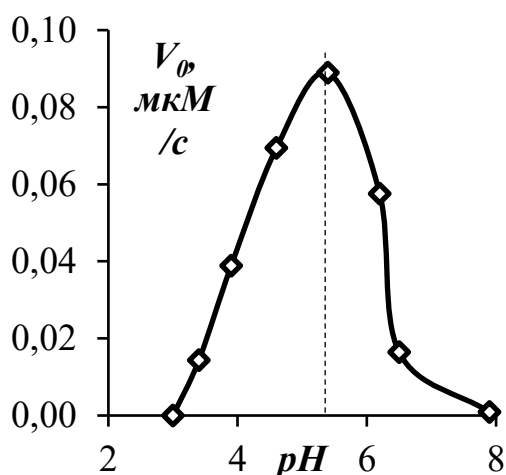


Рис. 1. Зависимость начальной скорости окисления фенола молекулярным кислородом в присутствии лакказы *Trametes versicolor* от pH раствора. $T = 308$ К, $[S]_0 = 0,36$ мМ, $[E] = 80$ мг/л

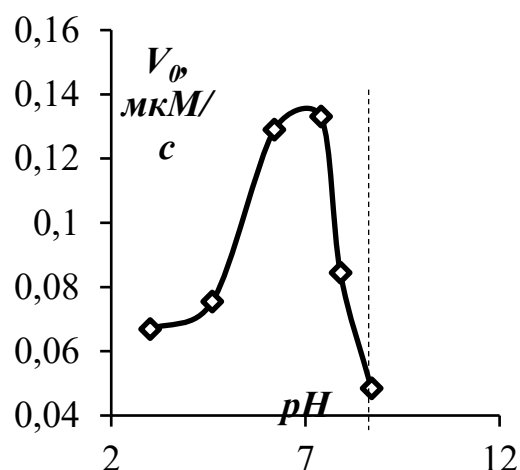


Рис. 2. Зависимость начальной скорости окисления фенола в присутствии пероксидазы хрена пероксидом водорода от pH раствора. $T = 308$ К, $[S]_0 = [H_2O_2]_0 = 0,36$ мМ, $[E] = 80$ мг/л

Выход продукта лакказного и пероксидазного окисления фенола, оцениваемый по максимальному поглощению при 400 нм, зависит от pH схожим образом. Максимальный выход пероксидазного окисления ниже выхода лакказного окисления примерно вдвое при соизмеримых начальных скоростях процесса.

Наблюдаемое пероксидазное окисление фенола прекращается достаточно быстро после начала реакции, что связано не только со снижением концентрации пероксида водорода, но и со снижением активности фермента. Содержание фенола по методу Фолина-Чикольте в реакционной смеси при указанных условиях через ~ 60 мин после реакции наименьшее при pH 7,9 и составляет порядка 30% от первоначального.

Активность лакказы при окислении фенола также уменьшается, причем показано снижение концентрации лакказы (по методу Бредфорда) в реакционной смеси – по-видимому, имеет место механическое связывание, например, с образующимся осадком продукта. Однако лакказное окисление кислородом с низкой скоростью продолжается в течение нескольких дней даже при температуре 20-25 °С. При pH 4,6 – 6,5 практически полное отсутствие фенола отмечается на 4-6 день. При pH 3-4 – на 8 день. При pH 7,9 процесс идет медленнее всего и к 16 дню наблюдения концентрация фенола меньше наполовину.

Заключение. Несмотря на то, что наблюдаемые начальные скорости лакказного и пероксидазного окисления быстро снижаются, активности этих ферментов в реакционных смесях падают, процесс окисления фенола продолжается с низкой скоростью и через несколько дней фенолы в реакционной смеси практически не фиксируются. Оптимум pH лакказного окисления фенола находится в слабокислой области, при pH 4,6–6,5, а оптимум пероксидазного окисления – в слабощелочной, около pH 7,9.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена в рамках темы государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер госрегистрации 124012400355-7).

Список литературы

1. Laccases: structure, function, and potential application in water bioremediation / Arregui, L., Ayala, M., Gómez-Gil, X. et al. // Microb. Cell. Fact. Vol. – Vol. 18, Is. 200. – 2019. – doi:[10.1186/s12934-019-1248-0](https://doi.org/10.1186/s12934-019-1248-0)
2. Peroxidase Oxidation of Phenols / Davidenko, T. I., Oseychuk, O. V., Sevastyanov, O. V., Romanovskaya, I. I. Applied Biochemistry and Microbiology. – Vol. 40, Is. 6. – 2004. – P. 542–546. – doi:[10.1023/b:abim.0000046986.69900.64](https://doi.org/10.1023/b:abim.0000046986.69900.64).

МОДЕЛИРОВАНИЕ УФ-ВИДИМОГО СПЕКТРА ПРОДУКТА ЛАККАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ФЕНОЛА

Кравченко Е. М., ORCID 0009-0008-9153-9701,

Макурина О. В., ORCID 0009-0004-3701-1130,

Дорошкевич В. С., ORCID0000-0001-6566-8747

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
elena_kravchenko1994@mail.ru

Введение. Фенол окисляется в слабокислой среде в присутствии лакказы макромицета *Trametes versicolor* с образованием окрашенного продукта или смеси продуктов, по накоплению которых можно исследовать кинетические закономерности. Однако, строение и состав этих соединений достоверно не установлены, а из спектрофотометрических данных аддитивного спектра можно вычислить лишь приблизительные спектральные характеристики.

Целью данной работы является построение электронных полос поглощения возможных продуктов лакказного окисления методами квантово-химического моделирования для использования при исследовании кинетики спектрофотометрическим методом.

Основная часть. Возможными сравнительно стабильными продуктами лакказного окисления фенола могут быть 1,2 и 1,4-дигидроксibenзолы и дифенолы. Эти вещества тоже могут быть субстратами лакказы и окисляться до соответствующих хинонов, которые в водной среде подвергаются дальнейшим неферментативным превращениям. Кроме того, возможна полимеризация, например, образование полиоксифенилена [1].

С учетом таких экспериментальных наблюдений, как взаимодействие окрашенных продуктов с аскорбиновой кислотой, отсутствие взаимодействия с реактивом Фолина-Чикольте в нейтральной среде, вероятными продуктами лакказного окисления фенола, наблюдаемыми спектрофотометрически, являются хиноидные соединения. Двухатомные фенолы, не имеющие видимых полос поглощения, вероятно, присутствуют в реакционной смеси в низких концентрациях.

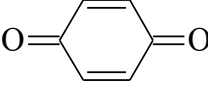
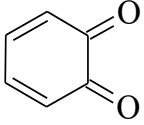
Квантово-химические вычисления проводились в рамках теории функционала плотности (DFT) с использованием гибридного функционала B3LYP в программе Gamess – US рассчитаны геометрические электронные и термодинамические характеристики изучаемых соединений (табл). Структуры исходных соединений оптимизировали квантово-химическим методом PM3. На уровне B3LYP/6-311++G (d, p) рассчитаны термодинамические характеристики изучаемых соединений. Все расчеты

проведены в стандартных условиях ($T=298\text{K}$, $P=1\text{атм}$) в водной среде в рамках модели РСМ.

На примере *орто*- и *пара*-бензохинонов было показано частичное совпадение результатов моделирования с экспериментальными спектрами (таблица 1). Используя тот же подход, были проведены вычисления для других предполагаемых продуктов лакказного окисления фенола, содержащих фенольные и хиноидные фрагменты (таблица 2).

Таблица 1

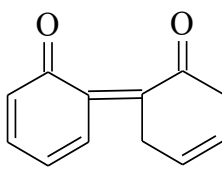
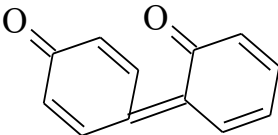
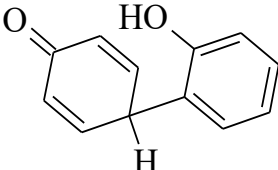
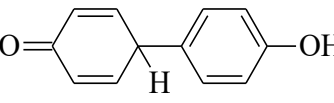
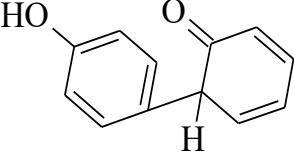
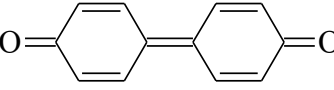
Спектральные характеристики *орто*- и *пара*-бензохинона

Соединение	λ_{max} , нм	ϵ , л·(см·моль) ⁻¹	λ_{max} , нм	ϵ , л·(см·моль) ⁻¹
	экспериментальные		расчетные	
	246 420	19 000 20	251 -	12530 -
	~250 390	~20000 1890	241 449	7550 2500

Используя этот же алгоритм, получили модельные спектры для других возможных продуктов лакказного окисления фенола, содержащих хиноидные фрагменты (таблица 2).

Таблица 2

Расчетные спектральные характеристики возможных продуктов лакказного окисления фенола

Соединение	λ_{max} , нм	ϵ , л·(см·моль) ⁻¹	Соединение	λ_{max} , нм	ϵ , л·(см·моль) ⁻¹
	335	11000	 2,4'-бифенилдион	283 413	16550 780
	243	27000	 4-гидрокси-[1,1'- бифенил]-4(1H)-он	229 389	20000 650
	257	13500	 2,2'-бифенилдион	227	17500

Модельные спектры двух рассчитанных соединений, 2,4'-бифенилдиона и 4-гидрокси-[1,1'-бифенил]-4(1H)-она, имеют полосы поглощения в видимой области, которые наряду с полосами поглощения *орто*- и *пара*-бензохинонов могут быть ответственны за поглощение

продукта лакказного окисления фенола (широкая полоса поглощения с $\lambda_{\text{max}} = 400$ нм) (см. рисунок).

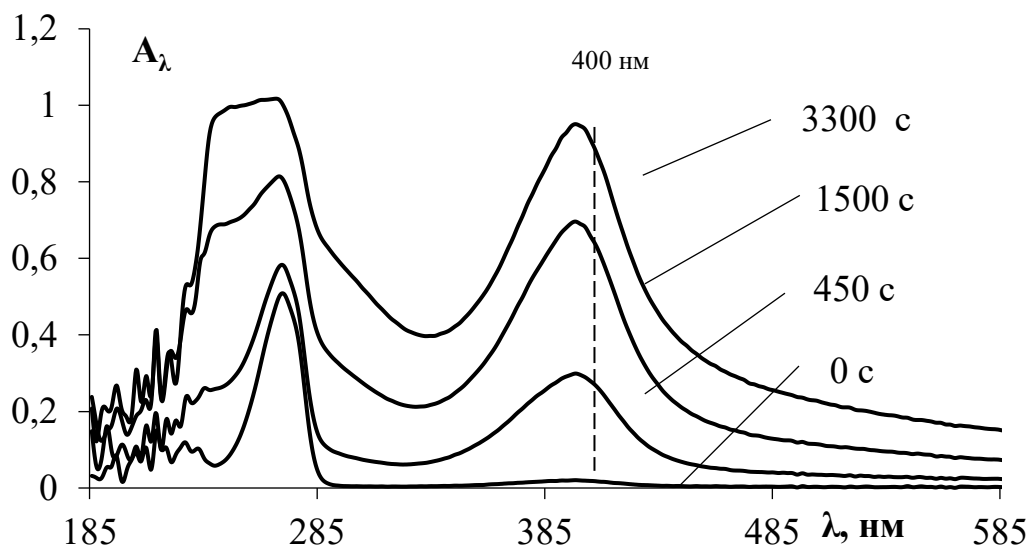


Рис. Изменение спектра поглощения реакционной смеси во времени в процессе лакказного окисления фенола. $[S]_0 = 0,35$ мМ, $[E]_0 = 150$ мг/л; цитратный буфер рН 4,6, 308 К

Заключение. Используемый алгоритм расчета позволяет оптимизировать структуры хинонов и получить для них спектры поглощения, достаточно схожие с экспериментальными. При моделировании спектров возможных продуктов лакказного окисления и их сопоставлении со спектром реакционной смеси можно предположить в ее составе наличие *орто*- и *пара*-бензохинонов, 2,4'-бифенилдиона и 4-гидрокси-[1,1'-бифенил]-4(1H)-она, что согласуется с наблюдениями.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена в рамках темы государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер госрегистрации 124012400355-7).

Список литературы

1. Спектрофотометрическое исследование лакказного окисления фенола / Е. М. Кравченко, О. В. Макурина, И. Д. Одарюк, В. С. Дорошкевич // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 54-62. – DOI 10.5281/zenodo.14923034. – EDN DNZHQH.

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ПЕРОКСИДАЗЫ КАПУСТЫ ФРАКЦИОННЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

Макурина О.В., ORCID 0009-0004-3701-1130,

Кравченко Е.М., ORCID 0009-0008-9153-9701

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

elena_kravchenko1994@mail.ru

Введение. Растительные пероксидазы – высокопотенциальные окислительные ферменты с широкой субстратной специфичностью. Они активно используются в аналитических методиках и имеют перспективы применения для решения различных прикладных задач [1]. Актуальной проблемой является разработка простых и малозатратных способов получения ферментных препаратов.

Целью данной работы является исследование эффективности концентрированием пероксидазы капусты высаливанием сульфатом аммония в разных концентрациях.

Основная часть. Одним из часто используемых методов концентрирования белков является высаливание неорганическими солями. Как правило, используют сульфат аммония [2].

В данной работе было исследовано поэтапное высаливание сульфатом аммония белков экстракта капусты белокочанной. Порядок работы был следующий. Гомогенат готовили из замороженных кочерыжек капусты ранних и зимних сортов после оттаивания. Экстрагировали 0,05 М фосфатным буферным раствором с рН 7,4, экстракт хранили замороженным, при разморозке отделяли первые порции экстракта, более богатые белками, как было показано в отдельных экспериментах.

Высаливание сульфатом аммония начинали с 60% насыщения, растворяя сульфат аммония в экстракте и выдерживая при 4 °С в течение суток, после чего отделяли осадок центрифугированием (~4200 g, 10 мин) и добавляли к супернатанту новую порцию соли. Осадок растворяли в небольшом объеме дистиллированной воды и центрифугированием отделяли нерастворимую часть. На каждом этапе определяли содержание белка по методу Бредфорда и активность пероксидазы по начальной скорости окисления *орто*-фенилендиамина (таблица).

Несмотря на то, что выпадение пероксидазы в осадок начинается уже при 60% насыщения сульфатом аммония, основная ее масса выпадает в осадок при 80% насыщении. При этом заметно возрастает ее относительное содержание в белковой фракции. То есть, в концентратах, получаемых при 60 и 70% насыщения, содержится большая часть балластных белков, не обладающих пероксидазной активностью.

Таблица

Содержание белка и пероксидазы при фракционном высаливании сульфатом аммония

Насыщение (NH ₄) ₂ SO ₄ , (% при 20 °С)	V, мл	C _б , г/л *	Выход белка, %	C _{по} , мг/л **	Выход пероксидазы, %	C _{по} /C _б , %
Концентрат экстракта капусты ранних сортов						
Исходно	200	0,8	100%	51,1	100%	6%
60%	15	4,2	46%	84,7	15%	2%
70%	6	1,1	4%	90,6	5%	8%
80%	6	0,9	3%	314,9	18%	35%
Концентрат экстракта капусты зимних сортов						
Исходно	200	0,5	100%	66,8	100%	13%
60%	18	2,4	34%	68,9	8%	3%
70%	6	0,6	3%	163,2	7%	27%
80%	6	0,6	3%	307,9	14%	56%

* в качестве белка-стандарта – альбумин сыворотки крови человека

** в пересчете на содержание пероксидазы хрена

Низкий суммарный выход белков вообще и фракции, обладающей пероксидазной активностью, вероятно, связан с центрифугированием при недостаточном ускорении и охлаждении, то есть, отделение осажденного белка недостаточно полное. Несмотря на это, фракционное осаждение может быть использовано для частичного разделения белков экстракта капусты с отделением фракции с повышенной пероксидазной активностью.

Заключение. Последовательное осаждение белков экстракта капусты белокочанной порциями сульфата аммония до достижения 60, 70, 80 % насыщения позволяет получить белковые фракции, сравнительно обогащенные пероксидазами.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории по исследованию реакционной способности органических соединений (№ госрегистрации НИОКТР 124051400022-7)

Список литературы

1. A Comprehensive Review on Function and Application of Plant Peroxidases [Text] / V. P. Pandey, M. Awasthi, S. Singh et al. // Biochemistry and Analytical Biochemistry. – 2017. – V. 6, № 1. – P. 1-16. DOI: 10.4172/2161-1009.1000308
2. Buxbaum E. Biophysical Chemistry of Proteins // E. Buxbaum; Springer Science Business Media, LLC 2011. – 510 pp. DOI: 10.1007/978-1-4419-7251-4

РОСТРЕГУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА (ГЕМ-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПИЛ)МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ БОРНОЙ КИСЛОТЫ

Митрасов Ю.Н.¹, д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0002-4083-7863,
Кондратьева О.В.², канд. хим. наук, доц., ORCID 0009-0000-4484-6831

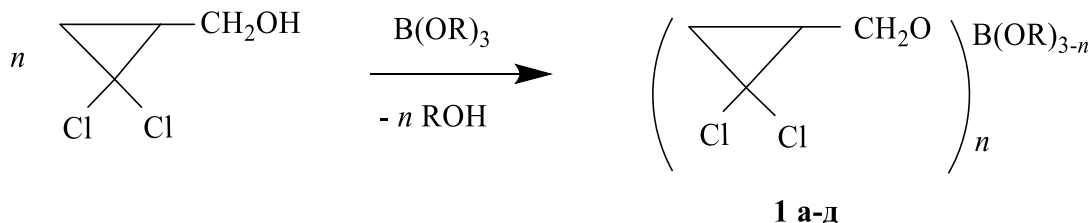
¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический

университет им. И.Я. Яковлева», г. Чебоксары, РФ

²БУ ЧР ДПО «Чувашский республиканский институт образования», г. Чебоксары, РФ

mitrasov_un@mail.ru

Введение. Известно, что производные борной кислоты и циклопропана обладают широким спектром биологической активности [1, 2]. Сочетание в одной молекуле борного и циклопропанового фрагментов могло бы привести к получению соединений с новыми ценными свойствами. Поэтому исследования в этой области является актуальными, поскольку они открывают новые возможности для синтеза соединений с набором практически полезных свойств. Для осуществления биологической функции бора большое значение имеет его способность образовывать комплексные соединения с моно- и полисахаридами, спиртами, фенолами и др. Для синтеза эфиров борной кислоты наиболее часто используются реакции борной кислоты со спиртами в присутствии серной кислоты или хлористого водорода [2]. Однако при использовании спиртов циклопропанового ряда этот метод неприемлем вследствие их неустойчивости к кислым и основным реагентам [1, 3]. С учетом этих данных нами был разработан простой и удобный метод синтеза циклопропилборатов, который заключался в том, что триалкилбораты подвергали реакции переэтерификации с гем-дихлорциклопропилметанолом [4]. Процесс осуществляли при мольном соотношении реагентов от 1 : 1 до 1 : 3 при температуре 100–110 °С и непрерывной отгонке алифатического спирта. В результате реакций с хорошими выходами образуются (гем-дихлорциклопропил)метилорые эфиры борной кислоты (**1а-д**).



R = CH₃, n = 1 (а), 2 (б), 3 (в); R = C₂H₅, n = 1 (г), n = 2 (д).

Цель исследований. Оценка биологической активности гем-дихлорциклопропилметилорых эфиров борной кислоты путем изучения

влияния их разбавленных водных растворов на энергию прорастания (ЭП) и лабораторную всхожесть (ЛВ) семян злаковых и бобовых культур.

Основная часть. Определение ЭП и ЛВ проводили согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». По этим показателям судят о пригодности семян к посеву и соответственно устанавливают норму высева.

Для исследований были использованы семена пшеницы яровой сорта «Московская 35», гороха сорта «Дружинник» и капусты белокочанной сорта «Грибовский 147». Семена замачивали в водных растворах боратов **1а-в** до набухания и затем проращивали в чашках Петри на дистиллированной воде. Учет проросших семян проводили в два срока в соответствии с требованиями ГОСТ (табл. 1).

Таблица 1

Влияние водных растворов боратов **1 а-в** на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян злаковых и бобовых культур

Вещество	Культура	Концентрация, %	ЭП, %	ЛВ, %
1 а	Пшеница сорта «Московская 35»	Контроль (вода)	33	91
		0,001	34	92
		0,005	35	94
		0,01	35	95
	Горох сорта «Дружинник»	Контроль (вода)	31	88
		0,001	31	89
		0,005	32	91
		0,01	33	93
	Капуста белокочанная сорта «Грибовский 147»	Контроль (вода)	61	89
		0,001	72	93
		0,005	71	95
		0,01	73	96
1 б	Пшеница сорта «Московская 35»	Контроль (вода)	33	91
		0,001	34	93
		0,005	35	93
		0,01	35	94
	Горох сорта «Дружинник»	Контроль (вода)	31	88
		0,001	31	89
		0,005	32	90
		0,01	33	90
1 в	Пшеница сорта «Московская 35»	Контроль (вода)	33	91
		0,001	34	92
		0,005	35	94
		0,01	35	95
	Горох сорта «Дружинник»	Контроль (вода)	31	88
		0,001	31	89
		0,005	32	90
		0,01	33	91

Определение энергии прорастания и лабораторной всхожести в опытных и контрольных пробах показало (табл. 1), что растворы соединений **1 а- в** концентраций 0,001–0,01 % оказывают стимулирующее действие как на энергию прорастания, так и на лабораторную всхожесть семян исследованных культур [5-7]. Оптимальным для предпосевной обработки семян пшеницы, гороха и капусты путем предпосевного замачивания являются 0,01 % растворы боратов **1 а-в**.

Заключение. Выявлено стимулирующее действие разбавленных водных растворов *гем*-дихлорциклопропилметилэфиров борной кислоты на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян зерновых, бобовых и овощных культур. Использование этих растворов для предпосевной обработки семян позволит существенно повысить их всхожесть, что ускоряет начало созревания сельскохозяйственных культур и повышает урожайность.

Список литературы

1. Яновская Л. А. Циклопропаны с функциональными группами. Синтез и применение / Л. А. Яновская, В. А. Домбровский, А. Х. Хусид. – Москва : Наука, 1980. – 223 с.
2. Шварц Е. М. Взаимодействие борной кислоты со спиртами и оксикислотами / Е. М. Шварц. – Рига : Зинатне, 1990. – 414 с.
3. Общая органическая химия / под общ. ред. Бартона Д. И., Оллиса У. Д. ; пер. с англ. под ред. Н. К. Кочеткова. – Москва : Химия, 1981. – Т. 1. – 736 с.
4. Митрасов Ю. Н. Синтез и свойства 2,2-дихлорциклопропилметилборатов / Ю. Н. Митрасов, О. В. Кондратьева, А. В. Гаврилова // Журнал общей химии. – 2008. – Т. 78. – Вып. 10. – С. 1754.
5. Митрасов Ю. Н., Гаврилова А. В., Кондратьева О. В., Ершов М. А. Патент. 2474114 (2011). Российская Федерация. Б.И. 2013, № 4.
6. Митрасов Ю. Н., Гаврилова А. В., Кондратьева О. В., Ершов М. А. Патент 2474115 (2011). Российская Федерация. Б.И. 2013, № 4.
7. Митрасов Ю. Н., Гаврилова А. В., Кондратьева О. В., Ершов М. А. Патент 2474120 (2011). Российская Федерация. Б.И. 2013, № 4.

КОМПОНЕНТЫ СТИМУЛИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ГУМАТОВ-АДАПТОГЕНОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМАХ

Пузик Г.А., ORCID 0009-0003-4363-7087,

Садеков Д.Р. д-р мед. н., доц., ORCID 0000-0001-7346-4189

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет

имени М. Горького», г. Донецк, РФ

apuzzik@mail.ru

Введение. Гуминовые вещества (далее ГВ) играют важную роль в биосфере Земли. Исходным материалом всех гуминовых веществ являются растительные остатки, подвергавшиеся биохимическим превращениям. В них идентифицировано около 240 тысяч органических соединений различной природы; более 20 макро-микроэлементов, обладают стимулирующими и адаптогенными свойствами. Гуминовые вещества любого происхождения представляют собою комплекс стимулирующих компонентов [1; 2]. Объектом данного исследования являются органические компоненты гуминовых веществ и их влияние на биохимические процессы в растительных организмах. Все они находят широкое применение в зеленом строительстве, растениеводстве и других сферах деятельности [3].

Цель работы: путем эксперимента определить степень влияния стимулирующих компонентов на биохимические, функциональные процессы, а также морфо-биометрические показатели в растительных организмах; на сельскохозяйственных овощных, зеленых и других культурах изучить степень влияния компонентов стимулирующего комплекса гуминовых веществ на биохимические процессы.

Основная часть. Компоненты стимулирующего комплекса гуминовых веществ можно разделить на классы по происхождению и функциональным свойствам. Первые – это компоненты растительного происхождения -лигнин и его производные – мягкие стрессоры, регуляторы окислительно-восстановительных процессов. Вторая группа – это растительного и микробиологического происхождения, остатки полисахаридов – это гормоноподобные, индукция гармонного ответа, элекситоры. Остальные четыре – растительного и микробиологического происхождения. Это органические кислоты, стимуляторы роста и развития, элекситоры. Далее витамины и их производные – стимуляторы; далее соединения с сопряженными связями, влияющими на энергетические функции растений. Остальные – альдегиды, аминокислоты – стимуляторы – элиситоры. Все перечисленные компоненты стимулирующего комплекса гуминовых веществ влияют на биохимические процессы в растительных организмах.

В таблице 1 представлены данные по степени влияния стимулирующих компонентов гуматов-адаптогенов на овощных культурах.

Таблица 1

Влияние компонентов стимулирующих комплексов гуминовых веществ на биохимические и биометрические показатели зелёных культур Пекинской капусты

СГК-А в %	Масса				Содержание сухих веществ		Содержание аскорбиновой кислоты		Содержание нитратов	
	надземной части		корней							
	г	% кК	г	% кК	г	% кК	мг%	% кК	мг%	% кК
Сорт Хибинская										
К-вода	32,6	-	0,48	-	5,25	-	33,92	-	2596	-
10 ⁻²	35,5	9	0,51	6	5,27	2	41,69	23	2132	-18
10 ⁻⁴	36,0	10	0,49	2	5,09	-3	49,00	44	2090	-19
10 ⁻⁶	33,6	3	0,53	10	6,26	19	53,34	57	2307	-8
Сорт Полукачанная										
К-вода	29,6	-	0,47	100	5,96	-	30,01	-	3817	-
10 ⁻²	32,9	11	0,80	-30	6,72	12	35,48	19	2545	-30
10 ⁻⁴	28,5	-4	0,51	9	6,10	3	37,22	24	3971	4
10 ⁻⁶	33,1	12	0,60	13	6,04	2	29,37	-3	3362	-12

Все зеленые культуры, используемые в опытах, проявили достаточно хорошую отзывчивость к стимулирующим компонентам, о чем свидетельствовали морфо-биометрические и биохимические показатели. Пекинская капуста сортов Хибинская и Полукачанная реагировали на стимулирующие компоненты в концентрациях 10⁻², 10⁻⁴, 10⁻⁶ % увеличением мерных и весовых характеристик: высота растений увеличилась на 8–15 %, масса надземной части на 3–12 %, масса корней на 6–70 %.

Данные биохимического анализа растений свидетельствуют о существенном повышении содержания аскорбиновой кислоты: по сорту Хибинская на 23–57 %, по сорту Полукачанная – на 19–24 %. Увеличилось содержание сухого вещества в листьях пекинской капусты на 12–20 %. Наряду с этим значительно снизилось содержание нитратов в листьях сорта Хибинская – на 9–19 % и сорта Полукачанная на 26–30 %.

Заключение. На основании вышеприведенных фактов можно утверждать, что в природных гуминовых веществах практически все компоненты имеют выраженную биологическую активность. Именно это придает природным гуминовым веществам и стимуляторам-адаптогенам уникальные свойства. Органические компоненты гуминовых веществ представлены всеми классами органических веществ, что обеспечивает их способность вступать в различные реакции практически с любыми химическими веществами (экотоксикантами) природного и техногенного происхождения, связывать и/или способствовать их фотодеструкции, и обуславливает их важную экологическую роль в биосфере Земли. Основная масса органических компонентов гуминовых веществ имеют растительное происхождение, что обеспечивает их генетическую близость к растениям. Эти компоненты в едином комплексе обеспечивают уникальные свойства гуминовых препаратов путём воздействия на все системы растения, на

биохимические и физиологические процессы. Адаптационные свойства гуминовых веществ реализуются за счет воздействия на гормональную систему растений, обеспечивая ее стабилизацию в стрессовых условиях.

Список литературы

1. Гуминовые вещества в биосфере: Труды 2 Международной конференции, Москва, 3-6 февраля 2003 г. – М.: Изд-во Московского университета, 2004. – 313 с.
2. Труды 4 Всероссийской конференции „Гуминовые вещества биосфере” Москва 19-21 декабря 2007. – СПб.: СПбГУ, 2007. – 668 с.
3. Пузик Г.А. Применение комплексных гуматов, выделенных из землистых бурых углей в растениеводстве. // Комплексное использование природных ресурсов: сб. материалов XVI науч. конф. / Ред.кол.: Шафоростовой М. Н.(пред.); Филатова И. В.; Геммерлинг О. А.; Крымов В. Н.; отв. ред. И. А. Юдицкая. – Донецк: ДонНТУ, 2024. – С. 50-53.

УДК 66.095.62+544.47

СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ПУТЕМ КАРБЕНИЛИРОВАНИЯ: АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ

Севостьянова Н.Т.¹, канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0002-3499-2226,

Баташев С.А.¹, канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0001-7537-7740

¹ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет

им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ

sevastyanova.nt@gmail.com, batashevs@tolstovsky.ru

Введение. Карбенилирование открывает перспективы синтеза широкого спектра органических продуктов из доступного сырья – СО или синтез-газа, спиртов и ненасыщенных углеводородов. Так, сложные эфиры, широко применяемые в качестве растворителей, пластификаторов, добавок к топливам и полупродуктов в различных синтезах [1–5], можно получать путем алкоксикарбенилирования алкеновых соединений (рис. 1, реакция (1)) [1–3] и карбенилирования спиртов (Рис. 1, реакция (2)) [4].

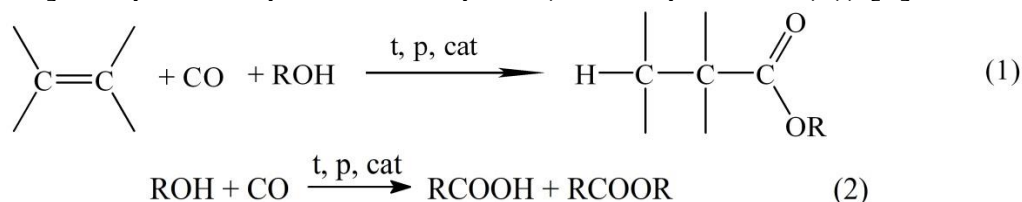


Рис. 1. Схема синтеза сложных эфиров алкоксикарбенилированием алкенов (1) и карбенилированием спиртов (2)

Основным источником СО является синтез-газ, который также служит сырьем для получения ненасыщенных углеводородов и метанола – одного из основных крупнотоннажных продуктов. На сегодняшний день метанол – исходный реагент в промышленных синтезах уксусной кислоты и

метилацетата путем карбонилирования [4], а также наиболее часто используемый спирт в алкоксикарбонилировании, в том числе в промышленном синтезе метилметакрилата метоксикарбонилированием этилена [2, 3]. Синтез-газ можно получать на основе нефти, природного газа и альтернативного сырья – отходов биомассы. Таким образом, процессы карбонилирования с использованием СО позволяют осуществить переход с традиционно используемых сырьевых источников на альтернативные, что отвечает принципам ресурсосбережения.

Цель данной работы – анализ перспектив синтеза сложных эфиров с использованием СО путем карбонилирования спиртов и алкоксикарбонилирования алкенов.

Основная часть. С энергетической точки зрения карбонилирование кратной связи $C=C$ в алкенах более выгодно по сравнению с карбонилированием связи $C-O$ в спиртах, поскольку энергия π -связи $C-C$ ниже энергии σ -связи $C-O$. В промышленности успешно реализуются процессы карбонилирования метанола с получением уксусной кислоты и метилацетата в присутствии гомогенных катализаторов на основе Rh и Ir с добавками иодидов (процессы Monsanto и Cativa соответственно) [4]. Основные недостатки этих процессов связаны с образованием побочных продуктов (углеводородов и простых эфиров) и коррозионной активностью иодидных добавок. В последние десятилетия был предложен широкий ряд гомогенных и гетерогенных катализаторов карбонилирования метанола и этанола, включающих в качестве активного металла Rh, Ir, Pt, Pd, Cu, Ni, а также цеолитные катализаторы без добавленных металлов, которые осуществляют свою функцию как в присутствии добавок иодидов, так и без них. Однако скорости процессов при использовании этих катализаторов все еще недостаточно высоки, а образующиеся в минимальных количествах побочные продукты, в основном те же, что и в промышленных процессах карбонилирования [4]. Как следствие, использование карбонилирования спиртов в синтезе сложных эфиров средней и высокой молекулярной массы на сегодняшний день затруднительно.

Промышленный процесс синтеза метилметакрилата из этилена, СО и метанола (процесс Alpha) основан на использовании гомогенной системы, включающей $Pd(OAc)_2$, 1,2-бис(ди-трет-бутилфосфинометил)бензол (1,2-dtbpmb) и метансульфо кислоту. Одним из существенных преимуществ этого процесса (как и большинства реакций алкоксикарбонилирования, осуществляемых в присутствии Pd-фосфиновых каталитических систем) по сравнению с карбонилированием спиртов является минимальное образование побочных продуктов, как правило, лишь изомерных сложных эфиров. В последние десятилетия в качестве эффективных катализаторов алкоксикарбонилирования предложены гомогенные системы, включающие сильные протонные кислоты или кислоты Льюиса, бескислотные системы, работающие в присутствии воды или H_2 [2, 3], и гетерогенные Pd-, Ru- и Co-содержащие катализаторы. Гомогеннокаталитические алкоксикарбонилирование с использованием Pd-фосфиновых систем может

осуществляться в очень мягких условиях – при температуре 50–125 °С и давлении СО от 0,3 до 3,0 МПа, в то время как карбонилирование даже низших спиртов осуществляется, в основном, в более жестких условиях. Следует отметить, что возможность применения в алкоксикарбонилировании смеси СО и Н₂ открывает перспективы использования в этих процессах синтез-газа. Положительные аспекты такого перехода связаны не только с удешевлением процессов алкоксикарбонилирования, но и повышением уровня их ресурсосбережения.

Закключение. В основном предложенные в последние десятилетия катализаторы реакций карбонилирования с использованием СО достаточно активны и селективны, что позволило минимизировать их количества, а также снизить количества побочных продуктов (в том числе изомерных сложных эфиров в алкоксикарбонилировании алкенов). При замене гомогенных катализаторов на гетерогенные открывается возможность осуществления процессов в газовой фазе и упрощаются стадии выделения и очистки целевых продуктов. Все эти аспекты отвечают принципам ресурсосбережения и повышения уровня экологической безопасности химических производств. По-видимому, карбонилирование доступных низших спиртов имеет хорошие перспективы для синтеза сложных эфиров, в первую очередь для синтеза метилацетата, который невозможно получить путем алкоксикарбонилирования. В то же время с использованием высокоактивных и селективных Pd-фосфиновых катализаторов можно осуществлять синтез даже длинноцепочечных сложных эфиров, в частности мономеров для синтеза полиэфиров, полиамидов и полиуретанов [3].

Список литературы

1. Kiss, G. Palladium-catalyzed Reppe carbonylation / Kiss G. // Chemical Reviews. – 2001. – V. 101, №. 11. – P. 3435–3456. – DOI 10.1021/cr010328q. – EDN LUQYIP.
2. Sevostyanova, N. T. Strong acid-free homogeneous catalytic systems for the ester products synthesis by alkenes alkoxy carbonylation: recent advances / N. T. Sevostyanova, S. A. Batashev // European Journal of Organic Chemistry. – 2025. – V. 28, №. 1. – e202401010. – URL: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejoc.202401010> (дата обращения: 22.09.2025). – DOI 10.1002/ejoc.202401010. – EDN WGUXKH.
3. Севостьянова, Н. Т. Алкоксикарбонилирование ненасыщенных субстратов растительного происхождения с использованием палладиевых катализаторов как путь к получению сложноэфирных продуктов / Н. Т. Севостьянова, С. А. Баташев // Катализ в промышленности. – 2023. – Т. 15. – С. 37–55. – DOI 10.18412/1816-0387-2023-1-37-55. – EDN LJCLVD.
4. Seni, A. A. Palladium-catalysed intramolecular asymmetric cyclohydroaryloxy carbonylation of 2-allylphenol derivatives. Synthesis of chiral lactones via cyclocarbonylation / A. A. Seni, L. Kollár, P. Pongrácz // Molecular Catalysis. – 2020. – V. 482. – 110673. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468823119305309> (дата обращения: 22.09.2025). – DOI 10.1016/j.mcat.2019.110673. – EDN NIAGVY.
5. Li, J. Palladium-catalyzed regio- and enantioselective hydroesterification of aryl olefins with CO gas / J. Li, W. Ren, J. Dai, Y. Shi // Organic Chemistry Frontiers. – 2018. – V. 5. – P. 75–79. – DOI 10.1039/C7QO00622E.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЮРЕ ИЗ КИЗИЛА (*CORNUS MAS L.*) КАК ПРИРОДНОГО КОНСЕРВАНТА ДЛЯ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Танага А.Д.,

Калиновская Т.В., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0002-4421-7522

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет

имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, РФ

kalinovskaya_88@mail.ru

Введение. Одним из актуальных вопросов кондитерской отрасли является обеспечение пищевой безопасности кондитерских изделий в процессе их хранения. Особенно это

касается изделий с повышенной массовой долей влаги, для которых наибольшую опасность представляют процессы микробиологической порчи.

Скорость роста микроорганизмов зависит от показателя активности воды (a_w) в продукте, наличии питательных веществ, кислотности (pH) среды, температуры [1].

На развитие микроорганизмов оказывает существенное влияние кислотность (pH) среды. Все микроорганизмы хорошо развиваются при pH 6,0–8,0. Однако при pH ниже 4,5 способны развиваться лишь некоторые виды бактерий, включая грибы и дрожжи. Поэтому слабо кислые продукты могут быть испорченными кислототолерантными бактериями (молочнокислыми бактериями и некоторыми энтеробактериями), а более кислые продукты – дрожжами и плесенью. Кроме pH, на стойкость пищевых продуктов к микроорганизмам влияет вид кислоты. Органические кислоты обладают повышенным антибактериальным действием.

Для поддержания микробиологической стабильности в пищевые продукты, в частности, кондитерские изделия, добавляют природные или искусственные консерванты [2].

В последние годы внимание ученых уделяется применению в составе пищевых продуктов ягод, содержащих в своем составе органические кислоты, выступающие природными консервантами. К таким ягодам относятся малина, вишня, смородина, крыжовник, брусника, клюква, кизил.

Основная часть. Кизил является древним плодовым, ценным пищевым, лекарственным, почвозащитным и декоративным растением, нетребовательным к условиям произрастания. *Cornus mas L.* является одним из самых распространенных в Республике Крым дикорастущих растений, а также выращивается в садах, введен в культуру и его плоды относятся к любимым местными жителями.

В Российской Федерации культура кизила изучена слабо, в основном исследования касаются выращивания данной культуры и его лечебных свойств. Известно, что все части растения кизила содержат комплекс биологически активных компонентов – витаминов, макро- и микроэлементов, полифенольных соединений, пектиновых веществ. Ограниченность данных о химическом составе плодов кизила доказывает необходимость изучения их пищевой ценности и является актуальной.

Для исследований использовался кизил вида мужской (*Cornus mas* L.) сорта Крымский. Сбор кизила производился в период зрелости, в селе Денисовка, Симферопольского района, Республики Крым.

Определение сухих веществ в ягодах кизила определяли стандартным термогравиметрическим методом [1].

Количественный анализ пектиновых веществ осуществляли стандартизированным методом кондуктометрического титрования, который основан на титровании щелочью предварительно выделенного гидратопектина из средней пробы гидролизированных плодов [2].

Суммарное содержание полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли с помощью модифицированного метода Фолина–Чокальтеу [3]. Реактив Фолина–Чокальтеу добавляясь в пробу кизила окислирует фенольные группы восстанавливаясь при этом в соединение синего цвета, интенсивность окраски которых пропорциональна концентрации фенольных веществ. Оптическую плотность растворов определяли фотоэлектроколориметром, используя кюветы толщиной 10 мм при длине волны 670 нм. Метод позволяет проследить за динамикой накопления красящих веществ в период созревания кизила и установить момент максимального накопления красящих веществ, а соответственно и сроки сбора.

Красящие вещества кизила представлены гликозидами антоцианов. Состав антоцианов зависит от сорта кизила и почвенно-климатических условия его произрастания. Для определения массовой концентрации антоцианов использовали метод, заключающийся в стабилизации окраски пробы кизила подкисленным до pH 1–2 этиловым спиртом и последующем определении оптических характеристик. Оптическую плотность раствора определяли при длине волны 530 нм в кювете толщиной 1 мм.

Метод определения катехинов основан на их способности образовывать с ванилином в кислой среде ярко окрашенный аддукт, интенсивность окраски которого измеряют колориметрически при длине волны 490 нм в кювете с расстоянием между рабочими гранями 10 мм.

Определение количества аскорбиновой кислоты в исследуемом образце кизила проводили титриметрическим методом [4]. Для этого проводили кислотную экстракцию аскорбиновой кислоты из плодов кизила. Соляная кислота позволяет извлекать из растительной ткани как свободную,

так и связанную аскорбиновую кислоту. Метафосфорная же кислота осаждает белки и улучшает стойкость аскорбиновой кислоты в экстрактах.

Была проведена серия йодометрических титрований аскорбиновой кислоты с визуальной индикацией точки эквивалентности с помощью индикатора крахмала: $C_6H_8O_6 + I_2 = C_6H_6O_5 + 2HI$.

Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исследование биологически-активных веществ в пюре из кизила сорта Крымский

Исследуемые показатели	Полученные данные
Массовая доля сухих веществ	28,5%
Количество водорастворимого пектина	10,8 г/кг = 1,3 %
Суммарное содержание полифенольных соединений	1680 мг/дм ³
Содержание антоцианов	109 мг/100г
Содержание катехинов	263 мг/100г
Содержание аскорбиновой кислоты	106 мг/100г

Заключение. На основании проведенных исследований сделан вывод о целесообразности применения пюре из кизила при производстве кондитерских изделий, благодаря значительному содержанию биологически активных веществ. Пектиновые вещества связывают свободную влагу и снижают показатель активности воды, влияющий на развитие микрофлоры; наличие полифенольных соединений замедляет развитие и активность микроорганизмов; содержание органических кислот увеличивает активную кислотность кондитерских изделий, что препятствует активному размножению микроорганизмов.

Список литературы

1. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги: ГОСТ 28561-90. — [Действующий с 1991-07-01]. — М.: Стандартиформ, 2011. — 11 с. — (Межгосударственный стандарт).
2. Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ: ГОСТ 29059-91. — [Действующий с 1992-07-01]. — М.: Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт по переработке фруктов и винограда, 1991. — 5 с. — (Межгосударственный стандарт).
3. Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение // Химия растительного сырья. 2021. №№2. С. 291-299.
4. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С: ГОСТ 24556-89. — [Действующий с 1990-00-01]. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 10 с. — (Межгосударственный стандарт).

РОЛЬ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ И ПРИРОДЫ МИКРООКРУЖЕНИЯ В МИЦЕЛЛЯРНОМ КАТАЛИЗЕ РЕАКЦИЙ ГИДРОПЕРОКСИД- И ГИПОБРОМИТ-ИОНОВ С АЦИЛСОДЕРЖАЩИМИ СУБСТРАТАМИ

Туровская М.К., канд. хим. наук, ORCID 0000-0003-4129-0270,
Прокопьева Т. М., канд. хим. наук, ORCID 0000-0003-0867-7449

ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии
 имени Л.М. Литвиненко, г. Донецк, РФ
tmprokopieva@gmail.c

Быстрое и необратимое расщепление субстратов-экотоксикантов, в том числе, и фосфорорганических соединений (ФОС) требует создания «зеленых, мягких» систем широкого спектра действия. Особый интерес с этой точки зрения представляют организованные микрогетерогенные системы (ОМС) на основе α -нуклеофилов (гидропероксид-, гипобромит-анионы и др.) и поверхностно-активных веществ ПАВ. Преимущества таких систем очевидны: ПАВ обеспечивают эффективную солюбилизацию обычно малорастворимых в воде субстратов, гипобромит и гидропероксид анионы – типичные α -нуклеофилы, HOON и HOBr окислители, т.е. пары HOO^-/HOON и BrO^-/HOBr представляют собой универсальные системы для разложения модельных аналогов экотоксикантов.

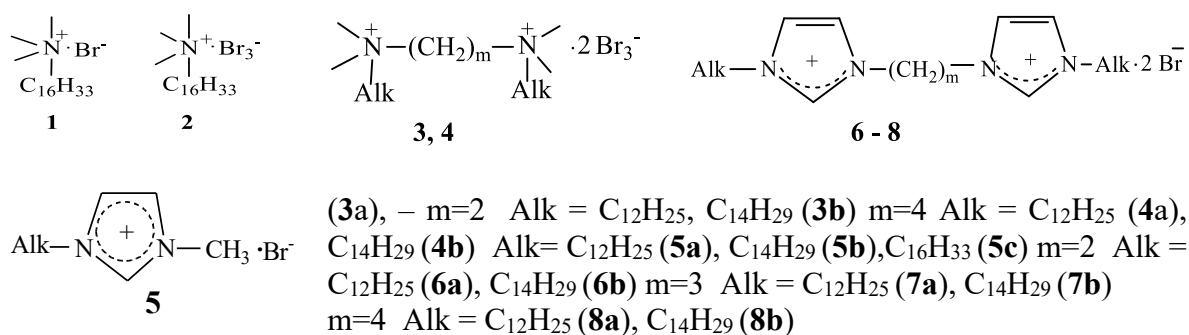


Рис. 1. Структурные формулы мономерных (1, 2, 5) и димерных(3, 4, 6–8) ПАВ

Продemonстрирована определяющая роль концентрирования реагентов в мицеллярном катализе и количественно оценен вклад эффектов концентрирования и изменения реакционной способности гидропероксид- и гипобромит-анионов в мицеллярные эффекты моно- и дикатионных ПАВ в реакции разложения (4-нитрофениловых эфиров фосфоновой НФДЭФС, фосфорной НФДЭФ и толуолсульфоновой кислот НФТС) при оптимальной концентрации ПАВ ($c_{\text{опт.}} = 1/\sqrt{K_S K_A}$).

Увеличение скорости при переносе реакции из воды в мицеллярную псевдофазу зависит как от изменения реакционной способности нуклеофила (Δ_1) так и концентрирования реагентов (Δ_2). Выражение (1) позволяет оценить вклады составляющих Δ_1 , Δ_2 в наблюдаемое ускорение Δ .

$$\Delta = \frac{k_{2,A^-}^M}{k_{2,A^-}^B} \cdot \frac{K_S \cdot K_{A^-}}{(\sqrt{K_S} + \sqrt{K_{A^-}})^2} = \Delta_1 \cdot \Delta_2 \quad (1)$$

В большинстве случаев $k_{2,A^-}^M < k_{2,A^-}^B$, и уменьшение скорости достигает ~ 2 раз (табл. 1, 2), следовательно, именно концентрирование эфиров в мицеллах обеспечивает мицеллярный «катализ».

Таблица 1

Физико-химические параметры реакции нуклеофильного замещения с участием гипобромит-аниона в ОМС; pH 11.0, вода, 25°C

Субстраты	ПАВ	$k_2^M, M^{-1}s^{-1}$	K_S, M^{-1}	K_{BrO^-}, M^{-1}	Δ_1	Δ_2	Δ
НФДЭФС	1	0.17	150	12	1.06	7.3	7.3
	2	0.08	900	46	0.56	3.06	15.3
	3a	0.05	210	40	0.50	19	9.7
	3b	0.085	300	55	0.31	26.9	8,3
	4b	0.08	210	45	0.53	21.2	10.5
НФДЭФ	1	0.008	200	26	0.8	15.0	12.0
	2	0.0012	800	43	1.2	26	31.2
	3a	0.0035	220	40	0.35	19.7	6.9
	3b	0.008	310	60	0.8	29.0	23.2
	4b	0.004	200	50	0.4	22.8	9.0
НФТС	1	0.0085	1600	13	0.5	10.9	5.5
	2	0.016	1800	25	0.12	20.0	18.8
	3a	0.006	1900	45	0.35	29.2	10.2
	3b	0.008	3000	60	0.047	46.1	21.6
	4b	0.0085	2200	50	0.5	37.8	18.9

Примечание: k_{2,BrO^-}^B : 0.16 (НФДЭФС); 0.01 (НФДЭФ) 0.017 (НФТС), $M^{-1}s^{-1}$.

Ожидаемое увеличение скорости при переносе реакции из воды в мицеллярную псевдофазу зависит как от изменения реакционной способности нуклеофила (Δ_1) так и концентрирования реагентов (Δ_2). Следовательно, выражение (1) позволяет количественно оценить вклад каждого из составляющих Δ_1 и Δ_2 в наблюдаемое ускорение Δ . Поскольку, в большинстве случаев $k_{2,A^-}^M < k_{2,A^-}^B$ и уменьшение скорости достигает ~ 2 раз (табл. 1 и 2), то ясно, что именно концентрирование эфиров в мицеллах обеспечивает мицеллярный «катализ».

Таблица 2

Физико-химические параметры пероксигидролиза в ОМС; pH 11.0; 25°C

ПАВ	Субстрат	K_s, M^{-1}	$K_{HO_2^-}, M^{-1}$	$k_{2,HO_2^-}^M, M^{-1}s^{-1}$	$k_{2,HO_2^-}^M / k_{2,HO_2^-}^M$	Δ_1	Δ_2	Δ
5a	НФДЭФС	60	50	2.00	21	0.17	13.5	3.6
	НФТС	1310	50	0.22	26	0.22	34.9	7.7
	НФДЭФ	95	30	0.18	106	0.34	12.4	4.2
5b	НФДЭФС	80	50	3.60	35	0.49	15.6	7.5
	НФТС	1560	50	0.22	-	0.22	35.8	7.9
	НФДЭФ	190	40	0.25	120	0.45	18.8	8.4
6a	НФДЭФС	350	50	3.80	64	0.52	26.3	13.7
	НФТС	3200	50	0.65	295	0.63	39.6	24.9
	НФДЭФ	295	50	0.27	108	0.49	25.0	12.3
6b	НФДЭФС	590	80	2.40		0.33	42.8	28.0
	НФТС	3500	80	0.80		0.81	60.4	48.9
	НФДЭФ	550	80	0.16	70	0.29	42.2	12.2
7a	НФДЭФС	390	30	2.33	61	0.31	16,6	5.1
	НФТС	1600	30	0.25	38	0.25	22.9	5.7
	НФДЭФ	800	30	0.23	-	0.42	14.6	6.3
7b	НФДЭФС	390	30	2.05	17	0.28	21.6	6.1
	НФТС	1450	30	0.76	-	0.77	23.2	17.9
	НФДЭФ	160	30	0.13	-	0.24	21.1	5.1
8a	НФТС	3500	80	0.85	-	0.84	60.4	50.2
	НФДЭФ	240	45	0.20	57	0.36	18.2	6.5
8b	НФДЭФС	550	80	2.95	-	0.40	42.2	16.9
	НФТС	2900	80	0.50	-	0.55	58.9	32.3
	НФДЭФ	290	60	0.24	58	0.44	28.3	12.4

Примечания: 1. $k_{2,HO_2^-}^B$ равны: 7.3 (НФДЭФС) и 0.99 (НФТС) $M^{-1}s^{-1}$.

Анализ кинетических закономерностей реакций нуклеофильного замещения с участием гипобромит- и гидропероксид-анионов и нитрофениловых эфиров НФДЭФС, НФДЭФ и НФТС в ОМС на основе моно- и дикатионных ПАВ позволил установить ряд факторов, контролирующих мицеллярные эффекты детергентов. Мицеллярный катализ, мицеллярные эффекты рассматриваются как увеличение скорости реакции при переносе процесса из воды в мицеллярную псевдофазу.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ 3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИНОВ БИДЖИНЕЛЛИ

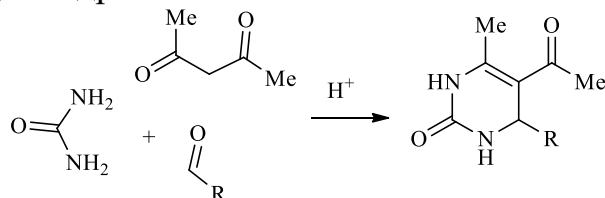
*Харанеко О.И.*¹, канд. хим. наук, ORCID ID 0000-0003-1105-8227,

*Харанеко А.О.*², канд. хим. наук, ORCID ID 0000-0002-8677-2647

¹ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М. Литвиненко», г. Донецк, РФ

²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
o_kharaneko@mail.ru, antonhar08@rambler.ru

3,4-Дигидропиримидины, открытые в конце 19 века Биджинелли и получаемые one-pot конденсацией трёхкомпонентной системы мочевины – альдегид – β-дикарбонильное соединение, проявляют различные виды биологической активности: анальгетическую, антибактериальную, антигипертензивную и др.



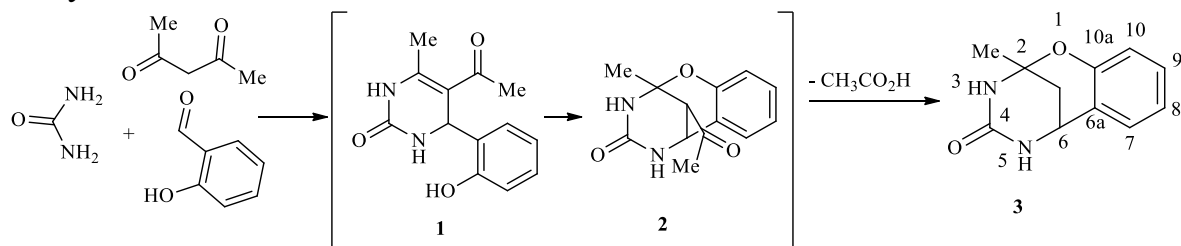
Ароматические и алифатические альдегиды в реакции Биджинелли конденсируются в 3,4-дигидропиримидины с различными выходами дигидропиримидина. Выход конечного продукта зависит от условий проведения конкретной реакции (температура, растворитель, кислота-катализатор). Конечный продукт, как правило, тугоплавкое и плохо растворимое соединение, которое легко выводится из сферы проведения реакции. Известно, что дигидропиримидины Биджинелли могут быть окислены до ароматических.

Наличие в структуре пиримидина кратной C=C связи рядом с карбонильной группой делает эти соединения привлекательными в плане дальнейшей модификации, т.к. соединения с такой связью должны легко вступать в реакцию Михаэля с присоединением реагентов содержащих подвижные протоны. Однако эти свойства дигидропиримидинов ранее не изучались. Одна из возможных причин – продукты присоединения по кратной C=C связи рядом с карбонильной группой оставались в маточном растворе, анализ которого не проводился.

Для проверки этого предположения мы провели синтез с использованием салицилового альдегида. Этот альдегид содержит как карбонильную компоненту, так и гидроксильную группу с подвижным протоном в *o*-положении к карбонильной, что может привести к продуктам внутримолекулярной реакции Михаэля.

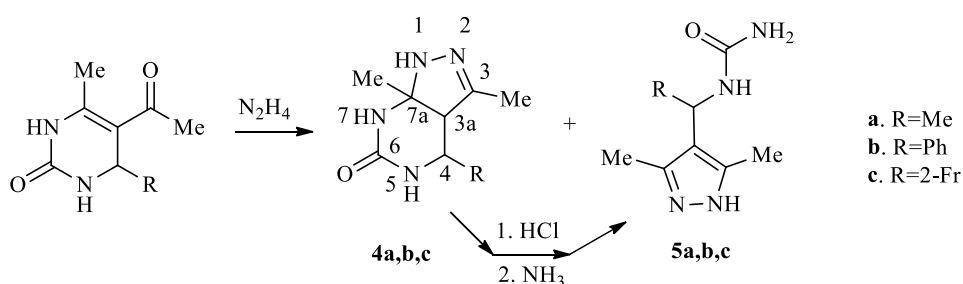
Мы обнаружили, что в данном эксперименте кроме конденсации Биджинелли протекает внутримолекулярная реакция Михаэля с образованием продукта **2**, который затем подвергается кетонному расщеплению.

Известно, что для кетонного расщепления необходима основная среда. В условиях рассматриваемой реакции в качестве основания может выступать мочевины.



Структура 2-метил-2,3,5,6-тетрагидро-4H-2,6-метано-1,3,5-бензоксадиазицин-4-она **3** доказана данными спектров ЯМР ^1H и ^{13}C , DEPT-135, а также двумерных спектров HMBC и NOESY. В гетероядерной двумерной корреляции HMBC соединения **3** наблюдаются кросс – пики CH_3 с $\text{C}(11)$, $\text{C}(6)$, $\text{C}(2)$, $\text{C}(10a)$, CO ; CH_2 с $\text{C}(6)$, $\text{C}(2)$, $\text{C}(6a)$; CH с $\text{C}(6a)$. В спектрах гомоядерной двумерной корреляции NOESY этого соединения присутствуют кросс-пики CH_3 с $\text{HC}(11)$ и $\text{HN}(3)$; CH_2 с $\text{HC}(6)$; CH с $\text{HC}(7)$ и $\text{HN}(5)$. Наличие спин-спинового взаимодействия протонов CH_3 -группы с углеродами $\text{C}(10a)$ и $\text{C}(11)$ (HMBC), а также небольшие расстояния CH с CH_2 , $\text{HN}(5)$ и $\text{HC}(7)$ (NOESY) свидетельствуют в пользу приведенной структуры молекулы **3**.

3,4-Дигидропиримидины Биджинелли содержат в молекуле конъюгированную с СО-группой двойную связь. Следовательно, должны быть способны реагировать с гидразином. Такую реакцию мы проводили в спиртах.



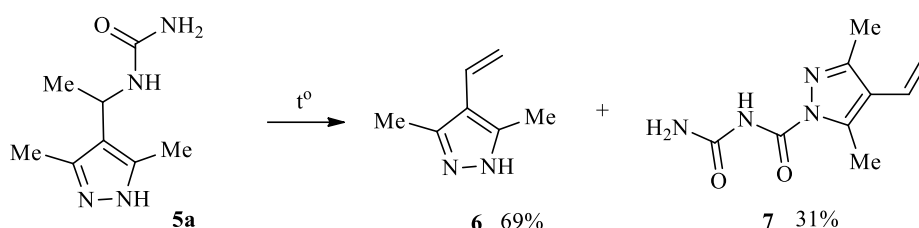
При кипячении дигидропиримидина с гидразингидратом в этилцеллозольве образуются соединения **4** и **5**. Соотношение **4/5** ~ 62/38 % для **a**, 29/71 % для **b** и 37/63 % для **c**. Если реакцию проводить в метаноле при длительном кипячении можно получить исключительно **4**. При действии на **4** соляной кислоты пиримидиновый цикл быстро раскрывается с образованием **5**.

С целью отнесения сигналов CH_3 и CH в протонном спектре **4c** был выполнен гетероядерный двумерный эксперимент HSQC. Для

подтверждения приведенной структуры был выполнен гомоядерной двумерной эксперимент NOESY. В спектре NOESY присутствуют кросс-пики $\underline{\text{HN}}(5)$ с $\underline{\text{HC}}(4)$; $\underline{\text{HN}}(1)$, $\underline{\text{HN}}(7)$ с $\underline{\text{H}_3\text{C}}(7a)$, $\underline{\text{HC}}(3a)$; $\underline{\text{HC}}(4)$ с $\underline{\text{HN}}(5)$, $\underline{\text{HC}}(3a)$, $\underline{\text{CH}_3\text{C}}(3)$; $\underline{\text{HC}}(3a)$ с $\underline{\text{HN}}(1)$, $\underline{\text{HN}}(7)$, $\underline{\text{HC}}(4)$, $\underline{\text{CH}_3\text{C}}(7a)$.

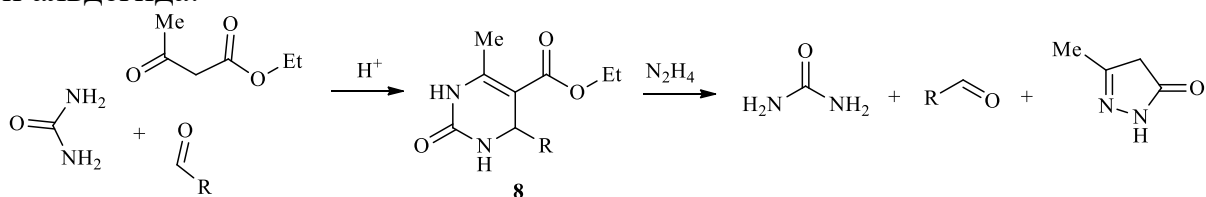
При длительном кипячении с избытком соляной кислоты пиразолы **5** полностью гидролизуются до 3,5-диметилпиразоламочевины и соответствующего альдегида. В сильноосновной среде пиразолы **5** гидролизу не подвергаются.

При термическом разложении пиразола **5a** в вакууме отгоняются два продукта деструкции – 3,5-диметил-4-винилпиразол **6** и N-(аминокарбонил)-3,5-диметил-4-винил-1*H*-пиразол-1-карбоксиамида **7**, которые легко разделяются в силу очень слабой растворимости **6** в водном NaOH.

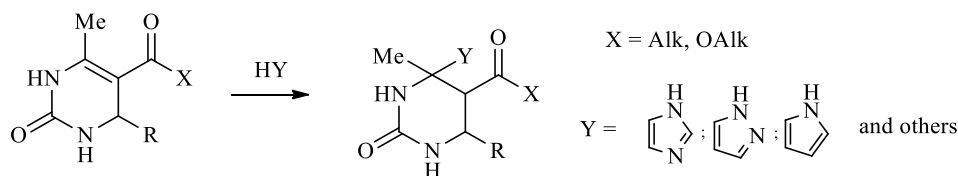


Таким образом, если рассматривать конденсацию альдегида, мочевины и β-дикарбонильного соединения в условиях Биджинелли в широком аспекте, то следует заметить, что она не ограничивается только образованием 3,4-дигидропиримидина.

В описанных в литературе примерах синтеза пиримидинов Биджинелли в качестве β-дикарбонильной компоненты реакции обычно используют ацетилацетон или ацетоуксусный эфир. Заметим, что соответствующие дигидропиримидины разлагаются гидразином при кипячении в спиртах до 5-метил-2,4-дигидро-3*H*-пиразол-3-она, мочевины и альдегида.



Наличие в пиримидине **8** двойной связи конъюгированной с СО-группой делает его потенциальным реагентом для последующей реакции Михаэля.



Неорганическая химия

УДК 546.786

О СИНТЕЗЕ ИЗОПОЛИВОЛЬФРАМАТОВ ЛАНТАНА В ВОДНОЙ И ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Белоусова Е.Е., канд.хим.наук, доц., ORCID 0009-0003-8434-3288

Галимулина И.О.,

Яблочкова Н.В., канд.хим.наук, доц., ORCID 0009-0007-9813-3782

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

inorg.chem@yandex.ru

Интерес к химии изополивольфраматов постоянно возрастает, что связано с применением их в различных областях современной науки, техники, промышленности и медицины. Поиск новых полиоксвольфраматов и исследование их свойств позволяет расширить класс этих соединений и в зависимости от состава рекомендовать их к использованию. Достаточно дискуссионным является вопрос получения изополивольфраматов в водных и водно-органических средах из-за различной устойчивости образующихся в этих средах полиоксвольфрамат-анионов при подкислении раствора с ортовольфрамат-ионом (WO_4^{2-}). Чтобы частично внести ясность в этот вопрос был выбран для исследований катион лантана (III), который является переходным между d- и f- элементами, и проведены исследования по известным в литературе методикам синтеза.

Полиоксвольфраматы различного состава можно получить в настоящее время только методом осаждения из водных растворов, который обеспечивает однородность продукта, высокую дисперсность, а также большую активную поверхность, что очень важно при исследовании их свойств. Кислотность и характер среды, концентрация реагирующих веществ, как и природа катиона, оказывают определяющее влияние на состав продуктов синтеза в системах: $\text{La}^{3+}\text{-WO}_4^{2-}\text{-H}^+\text{-H}_2\text{O}$; $\text{La}^{3+}\text{-WO}_4^{2-}\text{-H}^+\text{-H}_2\text{O- C}_3\text{H}_7\text{NO}$ (ДМФА- диметилформамид) и $\text{La}^{3+}\text{-WO}_4^{2-}\text{-H}^+\text{-H}_2\text{O- CH}_3\text{CN}$ (АН -ацетонитрил). Выбор полярных растворителей (ДМФА и АН) был обоснован близостью при смешивании с водой таких параметров как: кислотность (α), основность (β), полярность (π), диэлектрическая проницаемость (ϵ). Эти параметры определяют кислотно-основные взаимодействия между молекулами растворителя и растворенного вещества и влияют на свойства вещества. В данном случае была учтена полярность, как определяющего фактора, влияющего на взаимодействия ионов в процессах поликонденсации.

Результаты физико-химического исследования взаимодействия в изомолярных сериях при кислотностях $Z=1,14; 1,17; 1,29; 1,45; 1,50; 1,60$ и

исследования твердых фаз в них методами химического анализа, ИК-спектроскопии и РСМА позволили провести идентификацию образующихся изополивольфраматов лантана в водной и водно-органических средах и предложить их химический состав.

В водной среде, как и в ацетонитрильной, наблюдается образование устойчивых фаз паравольфраматов двух составов: среднего - $\text{La}_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}]_3 \cdot 86\text{H}_2\text{O}$ (при стехиометрическом соотношении катиона и аниона) и гидроксо- $(\text{La}_2\text{OH})_2[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}] \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (в избытке катиона) при кислотности $Z = 1,17$. При $Z=1,29$ был синтезирован кристаллический протонированный гептавольфрамат лантана состава $\text{La}_5(\text{HW}_7\text{O}_{24})_3 \cdot 25\text{H}_2\text{O}$.

Повышение концентрации исходных растворов позволило при кислотностях более 1,45 получить в водной среде смесь ранее неизвестного для лантана ундекавольфрамата и гептавольфрамата. В индивидуальном виде эта соль состава $\text{La}_2[\text{H}_2\text{W}_{11}\text{O}_{37}] \cdot 21\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{CH}_3\text{CN}$ была получена только в водно-ацетонитрильной среде. Близость значений полярности воды (1,09) и ацетонитрила (1,076) оказало влияние на образование одинакового устойчивого состава индивидуальных полиоксовольфраматов лантана в водной и ацетонитрильной средах.

В водно-диметилформамидной среде образуется устойчивая фаза среднего гептавольфрамата лантана состава $\text{La}_2\text{W}_7\text{O}_{24} \cdot 5\text{H}_2\text{O} \cdot 6\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$. Также наблюдается образование в фильтрате после отделения рентгеноаморфной твердой фазы при кислотности $Z=1,60$ кристаллического декавольфрамата лантана состава $(\text{LaOH})_2\text{W}_{10}\text{O}_{32} \cdot 3\text{C}_3\text{H}_7\text{NO} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$, что наглядно подтверждается ИК-спектроскопией. Изменение окраски твердого порошка из белого в синюю при воздействии дневного света свидетельствует о легкости перехода степени окисления вольфрама +6 в +5, что характерно только для декавольфрамат- аниона. Декавольфраматы с органическими катионами в настоящее время нашли широкое применение в фотокаталитическом окислении в ряде реакций органического синтеза, что ставит задачу по созданию таких же фотокатализаторов только на основе катионов редких и редкоземельных элементов. В водно-ацетонитрильной среде, как и в водной, образования декавольфрамата лантана не было обнаружено, что подтверждает наше утверждение о влиянии полярности растворителя на процессы поликонденсации и составы образующихся твердых фаз.

Полученные результаты удовлетворительно согласуются с опубликованными нами ранее данными аналогичных исследований для некоторых катионов s-, p-, d- и f- элементов.

Таким образом в водно-диметилформамидной среде стабилизируются устойчивые гепта- ($\text{W}_7\text{O}_{24}^{6-}$) и декавольфрамат- ($\text{W}_{10}\text{O}_{32}^{4-}$) анионы, переход которых в твердую фазу на данном этапе в известных условиях эксперимента в водной и ацетонитрильной средах не представляется возможным.

ТЕРМОДИНАМИКА РЕАКЦИЙ ОБМЕНА ХЛОРИДОВ ДВУХ- И ТРЁХВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ С ОКСИДАМИ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Громенко В.О., ORCID 0009-0002-8629-104X,

Капитанчук Е.Ю., ORCID 0009-0007-9016-4058,

Шаповалов В.В., д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0001-8634-8929

ФГБНУ «НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк

vika_gromenko@mail.ru

Введение. Объектом исследования являются процессы получения функциональных материалов методом твердофазного обмена, в котором синтез осуществляется путем обмена структурными составляющими молекул.

Цель. Провести термодинамическую оценку взаимодействия хлоридов двух- и трехвалентных металлов с оксидными соединениями щелочных и щелочноземельных металлов.

Основная часть. Реакции твердофазного обмена перспективный энергосберегающий метод синтеза различных функциональных материалов. Так взаимодействием MgB или Mg/B с $FeCl_2$, $CoCl_2$ и $NiCl_2$ синтезированы FeB , CoB , NiB и $Co_{1-x}Fe_xB$ [1, 2]. Реакции $CaCl_2$, $SrCl_2$, $BaCl_2$, $ZnCl_2$, $MnCl_2$, $NiCl_2$ с Na_2WO_4 использованы для синтеза важных вольфраматных материалов перечисленных металлов [3]. Взаимодействием $CuCl$ с Li_2MO_3 ($M - Sn, Ti$) получены полупроводники типа Cu_2SnO_3 и $Cu_{2-x}Li_xTiO_3$ [4]. Оксидные соединения щелочных металлов основное применение находят в системах регенерации воздуха [5]. В то же время они являются перспективными реагентами при синтезе функциональных материалов. Взаимодействием смесей $TiCl_3$ с добавлением $MnCl_2$, $FeCl_3$, $CoCl_2$, $NiCl_2$ и $CuCl_2$ с Na_2O_2 получены образцы TiO_2 легированные 3d-металлами и проявляющие фотокаталитическую активность [6]. Таким образом реакции хлоридов металлов с оксидными соединениями представляют новые возможности для синтеза различных веществ. Приведенные в табл.1 и 2 расчетные данные свидетельствуют и о значительных возможностях использования приведенных реакций в энергосберегающих технологиях.

Таблица 1

Тепловой эффект и температура саморазогрева продуктов при взаимодействии хлоридов металлов с оксидами щелочных металлов

Хлорид	Na_2O		Na_2O_2		K_2O_2		Li_2O_2	
	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	T, К	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	T, К	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	T, К	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	T, К
$MnCl_2$	312.02	1720	214.32	1135	333.65	1680	121.78	835
$FeCl_2$	331.08	1770	233.38	1200	354.56	1680	142.44	848

CoCl ₂	336.85	1870	239.15	1275	359.08	1680	153.90	865
NiCl ₂	343.54	1845	245.84	1265	368.24	1680	172.64	920
CuCl ₂	349.44	1845	251.74	1285	369.35	1680	187.73	965
ZnCl ₂	343.53	1890	245.83	1290	362.86	1680	170.27	925
MgCl ₂	367.81	1738	272.41	1440	389.68	1680	125.75	848
CaCl ₂	244.93	1345	149.53	1073	267.54	1385	0.678	302
BaCl ₂	104.86	1030	9.46	390	127.47	1044	-104.392	-

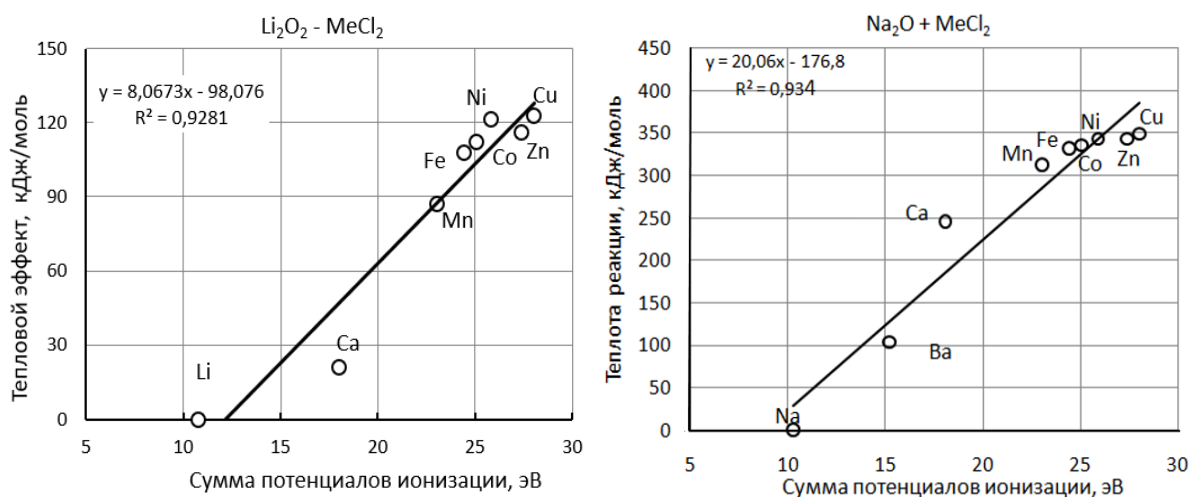


Рис. 1. Зависимость теплового эффекта хлоридов двухвалентных металлов с Na_2O и Li_2O от суммы потенциалов ионизации металлов, образующих хлориды.

Как видно из рис. 1 теплоты реакций оксидов натрия и лития MeCl_2 удовлетворительно коррелируют с суммой первых двух потенциалов ионизации металлов, образующих соли. С ростом потенциалов ионизации, возрастает теплота реакции. Это указывает на важную роль ионного компонента в связи и энергетике этих реакций.

Таблица 2

Термодинамические характеристики реакций хлоридов трехвалентных металлов с оксидами щелочных и щелочноземельных металлов

Оксид		AlCl_3	FeCl_3	CrCl_3	BiCl_3
K_2O_2	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	1556.19	1312.73	1288.84	1109.34
	T, K	1700	1700	1700	1700
Na_2O_2	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	1198.21	954.74	930.85	751.36
	T, K	1760	1645	1695	1371
Li_2O_2	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	815.88	572.41	548.52	369.03
	T, K	1642	1150	1140	883
MgO	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	387.14	143.68	119.79	-59.71
	T, K	1035	695	645	-
CaO	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	749.86	506.39	482.50	303.01
	T, K	1975	1325	1340	1045
SrO	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	998.76	755.30	731.41	551.91
	T, K	2310	1845	1945	1525
BaO	$-\Delta H^\circ$, кДж/моль	1173.78	930.312	906.42	726.93
	T, K	2100	2100	-	-

Аналогичная ситуация наблюдается и в реакциях хлоридов трехвалентных металлов с оксидными соединениями щелочных и щелочноземельных металлов (рис.2).

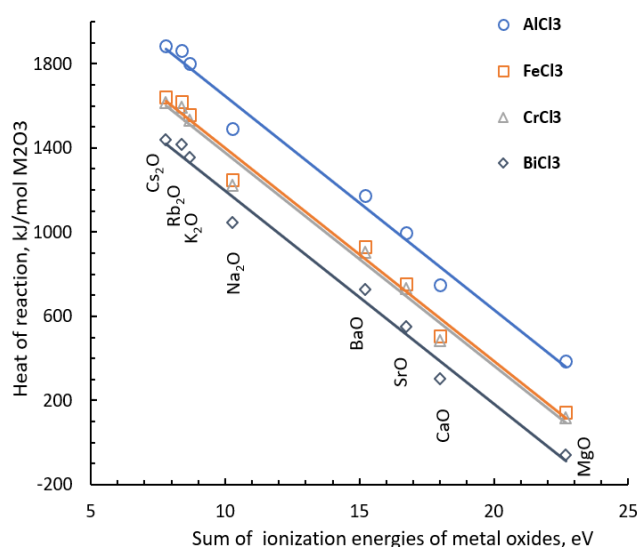


Рис. 2. Зависимость теплового эффекта реакции твердофазного обмена хлоридов трехвалентных металлов с оксидами щелочных и щелочноземельных металлов от суммы потенциалов ионизации металлов, образующих оксиды.

Заключение. Представленные данные указывают на возможность целенаправленного синтеза различных оксидных материалов путем варьирования природы хлоридов металлов и оксидов щелочных/

щелочноземельных металлов, а также температуры процесса.

Информация о финансовой поддержке: Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 123121500053-1).

Список литературы

1. Abeysinghe J.P., Kölln A.F., Gillan E.G.. Rapid and Energetic Solid-State Metathesis Reactions for Iron, Cobalt, and Nickel Boride Formation and Their Investigation as Bifunctional Water Splitting Electrocatalysts // ACS Mater. Au. – 2022. – V. 2. № 4. – P. 489–504. <https://doi.org/10.1021/acsmaterialsau.1c00079>
2. Abeysinghe J.P., Gillan E.G. Rapid solid-state metathesis reactions for the formation of cobalt–iron monoboride solid-solutions and investigation of their water splitting electrocatalytic activity // Mater. Adv. – 2024. – №5. – P. 705–718. <https://doi.org/10.1039/D3MA00728F>
3. Purnendu Parhi, Karthik T.N., Manivannan V. Synthesis and characterization of metal tungstates by novel solid-state metathetic approach// Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – V. 465. – № 1–2. – P. 380–386. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2007.10.089>
4. O'Donnell Shaun, Kremer R.K., Maggard P.A. Metastability and Photoelectrochemical Properties of Cu₂SnO₃ and Cu_{2-x}Li_xTiO₃: Two Cu(I)-Based Oxides with Delafossite Structures // Chem. Mater. – 2023. – V.35. № 3. – P. 1404–1416. – <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2022-fkldz>
5. Гладышев Н.Ф. Системы и средства регенерации и очистки воздуха обитаемых герметичных объектов / Н.Ф. Гладышев, Т.В. Гладышева, С.И. Дворецкий. – Москва: Издательский дом «Спектр», 2016. – 204 с.
6. Coleman N.Jr., Perera S., Gillan E.G. Rapid solid-state metathesis route to transition-metal doped titanias// Journal of Solid State Chemistry. – 2015. – V. 232. – P. 241–248. – <https://doi.org/10.1016/J.JSSC.2015.09.028>

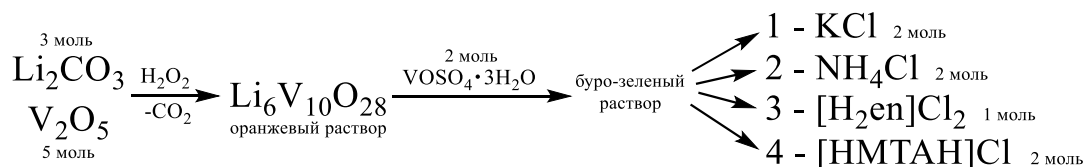
О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ $V_{10}O_{28}^{6-}$ с VO^{2+} В ПРИСУТСТВИИ КРУПНЫХ КАТИОНОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Лесин Д.А., ORCID 0009-0001-9893-4754,

¹ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург, РФ
denl01@yandex.ru

Введение. Соединения ванадия находят широкое применение во многих отраслях науки и техники [1]. Многие из них получают их водных растворов, поэтому актуальным остается вопрос исследования состояния ионов ванадия в растворе и продуктов осаждения из этих растворов, в том числе содержащих ванадий в различных степенях окисления (+4, +5). Продукты взаимодействия V^V с V^{IV} зависят от pH раствора: при pH = 0-4.5 возможно образование додекаванадиевой кислоты и ее солей [1], при pH = 4.5-6 – гексаванадатов [1], при повышении pH раствора возможно образование конденсированных поливанадат-ионов $\{V_{18}\}$, имеющих общее название «sage-like» (в виде клетки), а в некоторых случаях и более сложные структуры, состоящие из гетероэлементных полиионов [2]. При этом синтез поливанадатов $\{V_{18}\}$ со смешанной валентностью осуществляют в гидротермальных условиях или при стандартном давлении из V_2O_5 или NH_4VO_3 как единственного ванадийсодержащего реагента. Описаны взаимодействия VO_2^+ с четырехвалентным ванадием в виде VO^{2+} в кислых растворах (pH = 1-3) [3]. Однако в литературе не были найдены сведения о продуктах взаимодействия устойчивого декаванадат ($V_{10}O_{28}^{6-}$) с VO^{2+} в областях pH, близких к нейтральному. В данной работе выделены и изучены некоторые продукты взаимодействия декаванадат-иона с ванадилем в присутствии крупных катионов-осадителей.

Основная часть. В качестве крупных катионов были использованы K^+ , NH_4^+ , $[enH_2]^{2+}$ (этилендиаммоний), $[HMTAN]^+$ (уротропиний) Синтез образцов осуществляли по следующей схеме (в пересчете на 5 г V_2O_5) в условиях, идентичных описанным в работе [4]:



Плотность образцов определяли пикнометрически в высокочистом гексане, массовую долю ванадия (доли ванадия в разных степенях окисления) определяли титриметрически с солью Мора. ИК-спектры полученных соединений получены на ИК-Фурье-спектрометре Spectrum Two (Perkin Elmer) с использованием приставки диффузного отражения.

Из растворов 1 и 2 кристаллы не выделялись ни при комнатной температуре, ни при выдерживании во льду (5 °С). Из раствора 3 было выделено 1.2 г мелких темно-зеленых, почти черных кристаллов (соединение I), при подкислении из раствора выделяются крупные оранжевые кристаллы малорастворимого кислого декаванадата этилендиаммония примерного состава $[\text{enH}_2]_2\text{H}_2\text{V}_{10}\text{O}_{28} \cdot 5(6)\text{H}_2\text{O}$. Из раствора 4 выделено 6.06 г темно-зеленых кристаллов (соединение II). Соединения I и II умеренно растворимы в воде, почти не растворимы в спирте и эфире. Фотографии кристаллов полученных соединений на оптическом микроскопе Olympus представлены на рис. 1. Для них характерны формы вытянутых призм и игл, бесформенных агломератов, кажущихся светло-зелеными в проходящем свете.

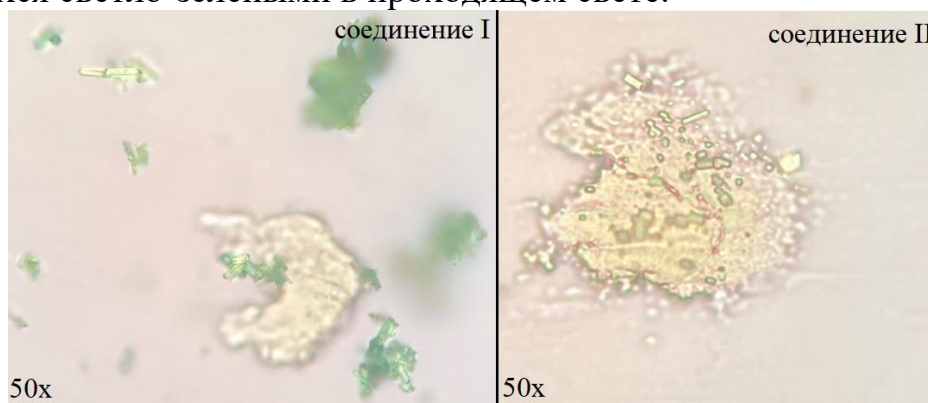


Рис.1. Фотографии кристаллов соединений I и II на оптическом микроскопе

Соединения I и II окислительно разлагаются на воздухе при прокаливании (450–500 °С), конечным продуктом прокаливания является V_2O_5 . При этом общая потеря массы соединений I и II составила 23.05 и 39.62 масс. % соответственно. В каждом соединении пятивалентного ванадия намного больше четырехвалентного, что не характерно для комплекса $\{\text{V}_{18}\}$ [3]. В таблице обобщены некоторые свойства полученных веществ. Исходя их проведенных анализов можно предложить примерные формулы выделенных соединений, приведенные в таблице.

Таблица

Некоторые физико-химические свойства соединений I и II

№	Примерная формула	ωV^{+5} , масс. %	ωV^{+4} , масс. %	ρ , г/см ³
I	$[\text{enH}]_2(\text{VO})_2\text{V}_{10}\text{O}_{28} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	35.25 (теор. 35.78)	7.89 (теор. 7.16)	2.21
II	$[\text{HMTAH}]_2(\text{VO})_2\text{V}_{10}\text{O}_{28} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	28.05 (теор. 28.21)	3.86 (теор. 5.64)	2.30

На рисунке 2 приведены ИК-спектры соединений I и II в сопоставлении со спектрами исходных органических веществ, взятых в качестве катионов-осадителей. В спектрах соединений I и II наблюдается сдвиг полосы концевых $\nu(\text{V}=\text{O})$ колебаний в область высоких частот на $\approx 15 \text{ см}^{-1}$ по сравнению с образцами, содержащими только V^{+5} [4]. Это вызвано

аддитивным наложением двух колебательных мод $\nu(V^{+5}=O)$ и $\nu(V^{+4}=O)$, последняя из которых обуславливает сдвиг наблюдаемой полосы. На каждом из спектров также присутствуют максимумы колебаний мостиковых связей: $\nu_{as}(V-O-V)$ и $\nu_s(V-O-V)$, что является прямым доказательством наличия в структурах соединений I и II ванадия в виде полииона.

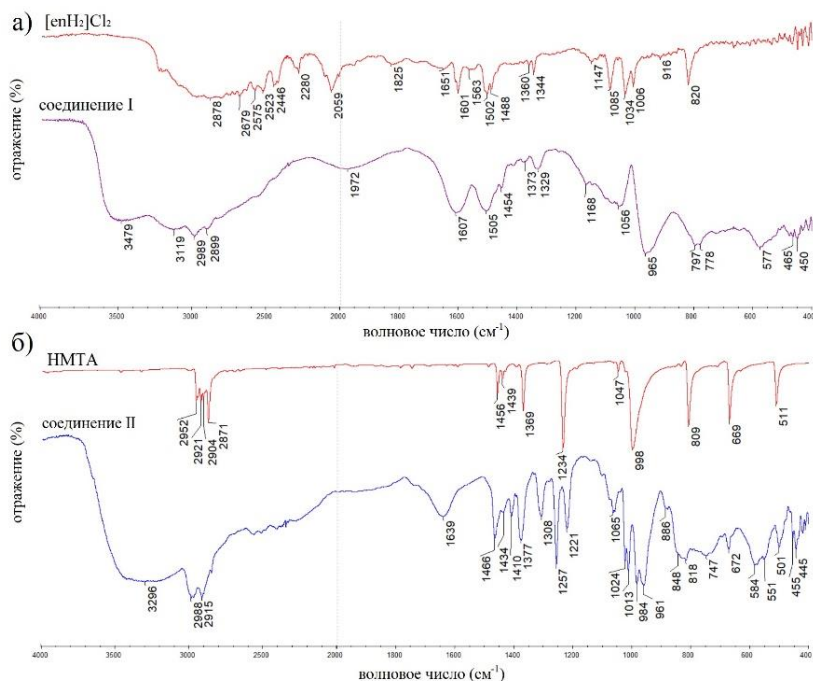


Рис. 2. ИК спектры: а – соединение I и $[enH_2]Cl_2$; б - соединение II и HMTA

Заключение. Изучено взаимодействие $V_{10}O_{28}^{6-}$ с VO^{2+} в нейтральной среде. Выделены кристаллические вещества, проведен их первичный анализ. Полученные вещества требуют более детального исследования для уточнения типа ванадиевого полииона и его структуры.

Список литературы

1. Свойства ванадатов в водно-солевых системах и их практическое применение / В. В. Виктор, Т. П. Сирина, Т. И. Красненко, Г. В. Соловьев ; Челябинский государственный педагогический университет. – Челябинск : Челябинский государственный педагогический университет, 2015. – 135 с. – EDN UHGCSH.
2. Thomas J. et al. Formation of high nuclearity mixed-valent polyoxovanadates in the presence of copper amine complexes // *Journal of Chemical Sciences*. – 2006. – Т. 118. – №. 1. – С. 79-86. – DOI 10.1002/zaac.201100329
3. Podval'naya, N. V. Composition and formation kinetics of sodium polyvanadates in vanadium(IV, V) solutions / N. V. Podval'naya, V. L. Volkov // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. – 2006. – Vol. 51, No. 3. – P. 357-361. – DOI 10.1134/S0036023606030041. – EDN LKAYDV.
4. Лесин, Д. А. Новый способ получения гибридного органо-неорганического декаванадата дицинка-диуротропина / Д. А. Лесин // *Химия и химическая технология: достижения и перспективы : материалы I международной VII Всероссийской конференции, Кемерово, 27–29 ноября 2024 года*. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 123.1-123.5. – EDN UKUOII.

РОЛЬ ВУЛКАНИЗМА В ФОРМИРОВАНИИ ЛИТИЕНОСНЫХ РАССОЛОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Сергеева А.В.¹, канд. хим. наук, ORCID 0000-0001-5127-347X,

Гладышкина А.В.²,

Вахромеев А.Г.³, д-р геол.-минерал. наук, ORCID 0009-0000-7309-4464,

Кириухин А.В.¹, д-р геол.-минерал. наук, ORCID 0000-0001-5468-1452,

Данилова М.А.^{4,5}, канд. геол.-минерал. наук, ORCID 0000-0002-0577-8175,

Карташева Е.В.¹, ORCID 0000-0002-0518-7412,

Кузьмина А.А.¹, ORCID 0000-0002-1428-6447,

Назарова М.А.¹, ORCID 0000-0001-6839-6599,

¹ФГБУН «Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН», Петропавловск-Камчатский, РФ

²ГАНОУ ВО «Региональный центр «Орион» г. Воронеж, РФ

³ФГБУН «Институт земной коры СО РАН», г. Иркутск, РФ,

⁴ООО «РН-Красноярск НИПИ нефть», г. Красноярск, РФ;

⁵Сибирская школа геонаук ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, РФ

anastavalers@gmail.com; kontrra@mail.ru; andrey_igp@mail.ru; avkiryukhin2@mail.ru;

mart16@mail.ru; analytic@kscnet.ru; kuzmina@kscnet.ru; nazarovamar@mail.ru

Введение. В недрах Сибирской платформы залегают уникальные по составу подземные рассолы, с высокими содержаниями хлоридов кальция, магния, а также брома, лития, рубидия, стронция и других элементов [1]. Несмотря на историю открытия, эти рассолы сравнительно недавно привлекли внимание как гидроминеральное сырье для добычи лития, востребованного в ряде областей промышленности [2]. Рассолы нередко сопутствуют нефтяным и газовым месторождениям, содержание солей в них может достигать 600-700 г/л, что при плотности порядка 1.4 г/л отвечает расплаву кристаллогидрата шестиводного хлорида кальция, в природе встречаемого в виде редкого минерала антарктикита $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ [2]. В вопросах происхождения данных рассолов имеются «белые пятна». Например, известно, что концентрирование морской воды не может дать состав, даже отдаленно напоминающий состав литиеносных рассолов.

Цель работы заключается в рассмотрении сценария образования литиеносных сверхкрепких растворов, в котором основную роль сыграли процессы магматизма, рассмотрен в настоящей работе [3].

Основная часть. Сверхкрепкие литиеносные рассолы в настоящее время залегают среди пластов каменной соли – галита, NaCl , перемежающихся с отложениями карбонатов – доломита, $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$. Вероятнее всего, рассолы образовались на этапе платформенного магматизма, наиболее мощно происходившего в триасовом периоде, но вообще случавшегося в различные периоды геологической истории

Сибирской платформы. Палеовулканическая деятельность в пределах Сибирской платформы заключалась, в частности, в излиянии жидких базальтовых магм с температурой до 1200 °С, и во внедрении магматических интрузий такого же состава в вышележащие породы. Этапы магматизма Сибирской платформы сопровождались формированием кимберлитовых трубок, залежей сульфидных и железных руд. Одним из результатов платформенного магматизма является формирование сверхкрепких рассолов, обогащенных литием.

Формирование литиеносных рассолов произошло в результате магматической деятельности в пределах карбонатно-эвапоритовых формаций (Сергеева и др., 2024). Внедрение базальтовых расплавов в галитовые отложения должно было приводить к высокотемпературному гидролизу хлорида натрия по схеме: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{HCl}$, реакция идет при температуре выше 600 °С [4], что более чем достаточно для базальтовых расплавов, имевших температуру порядка 1000 – 1200 °С. В результате взаимодействия магмы и хлорида натрия образуются щелочные массивы горных пород, в этом случае гидролитическое уравнение подчиняется схеме: $[\text{SiO}_2] + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = [\text{Na}_2\text{SiO}_3] + 2\text{HCl}$, где $[\text{SiO}_2]$ – условный силикат. Щелочные магматические расплавы имеют невысокую вязкость, в отличие от лав, которые содержат высокие концентрации SiO_2 . Свободно растекаясь, как жидкости, формируют силлы, и подогревают галитовые отложения на большой площади, вовлекая еще больше вещества в гидролитические процессы. Вероятно, этим вызван масштаб распространения сверхкрепких литиеносных рассолов в современности.

Хлороводород, отделяясь от зоны протекания гидролиза, в дальнейшем транспортировался с потоком вулканических газов по трещинам и разуплотнениям пород, достигая карбонатных отложений, где вступал во взаимодействие с доломитом: $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = (\text{Ca}, \text{Mg})\text{Cl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. В результате на месте карбонатов образовались гигроскопичные хлориды кальция и магния, обогащенные всем комплексом микроэлементов, переносимых с потоками вулканических газов, а также накопленных в карбонатных отложениях. Отметим, что современные вулканические газы содержат хлороводород, но нам представляется более вероятным, что дополнительные количества хлороводорода были получены при воздействии магмы на соляные отложения. Обогащение хлоридом лития, возможно, произошло на этапе взаимодействия магматического расплава и галитовых отложений, так как содержание лития в природном хлориде натрия может достигать 40 г/т, а при повышенных температурах LiCl становится заметно летучим, он мог переноситься с потоками вулканических газов и концентрироваться в месте образования хлоридов кальция и магния – основных солей литиеносных рассолов [5].

Заключение. Формирование литиеносных рассолов Сибирской платформы произошло на этапе платформенного магматизма, в результате

взаимодействия базальтовых расплавов с отложениями хлоридом натрия, высокотемпературного гидролиза с образованием большого количества хлороводорода, взаимодействия HCl с карбонатными отложениями. Широкое распространение литиеносных сверхкрепких рассолов обусловлено масштабом магматизма и низкой вязкостью силикатных расплавов с пониженным содержанием SiO_2 после взаимодействия с соляными отложениями, что позволило сформировать силлы на большой площади, и охватить гидrolитическими процессами огромные массивы эвапоритовых отложений.

Информация о финансовой поддержке. Работа выполнена в рамках ГЗ «Тепломассоперенос, сейсмичность и минеральные преобразования в гидротермальных и вулканических системах...» (FWME-2024-0007). Регистрационный номер 124032200001-3., при использовании ресурсов ЦКП «Камчатский центр элементного, минерального, изотопного анализа».

Список литературы

1. Вахромеев А.Г. Закономерности формирования и локализации месторождений промышленных рассолов в карбонатных каверново-трещинных резервуарах кембрия юга Сибирской платформы (по данным глубокого бурения, испытания скважин и полевой геофизики) / А.Г. Вахромеев. – Иркутск: Изд-во ИрННТУ, 2015. – 248 с.
2. Вахромеев А.Г., Горлов И.В., Мисюркеева Н.В., и др. Гидрогеологические основы локального прогноза флюидонапорных систем с аномально высоким пластовым давлением в карбонатных природных резервуарах кембрия Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири – 2018. – № 4 (36). – С. 49–59. DOI: 10.20403/2078-0575-2018-4-49-59
3. Сергеева А.В., Вахромеев А.Г., Кирюхин А.В., Гладышкина А.В., Карташева Е.В., Назарова М.А., Кузьмина А.А. Взаимодействие магмы и соляных отложений как этап формирования предельно насыщенных редкометальных рассолов Сибирской Платформы // В сборнике: Геотермальная вулканология, гидрогеология, геология нефти и газа (Geothermal Volcanology Workshop 2024). Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Петропавловск-Камчатский, 2024. С. 108-111.
4. Hanf N. W., Sole M. J. High-temperature hydrolysis of sodium chloride // Transactions of the Faraday Society. – 1970. – Т. 66. – С. 3065-3074.
5. Салюлев А. Б. и др. Селективное испарение компонентов расплавленных смесей (LiCl – KCl) эвт– BaCl_2 – SrCl_2 – NdCl_3 при пониженных давлениях // Расплавы. – 2020. – №. 4. – С. 363-374.

ИЗОМОРФНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ ПРАЗЕОДИМА НА ДВУХВАЛЕНТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СТРУКТУРЕ $\text{Pr}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$

*Сидоренко А.О.*¹, ORCID 0009-0009-4405-7627,

*Чебышев К.А.*², канд. хим. наук, ORCID 0000-0003-3903-4438

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

²ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, РФ
zhigailoalisa@mail.ru, chebyshev.konst@mail.ru

Введение. С развитием технологий в современном мире наблюдается рост потребности в новых функциональных материалах. Кристаллические материалы, обладающие ионной или смешанной электронно-ионной проводимостью, находят применение в современных технологических устройствах, таких как датчики кислорода и газоразделительные мембраны. Они также используются в качестве твёрдых электролитов и в качестве катодов и анодов в топливных элементах [1–3].

В настоящее время значительные исследовательские усилия сосредоточены на изучении структуры, свойств и потенциальных применений соединений семейства $\text{Ln}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16}$ [4–9].

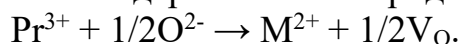
Редкоземельные молибдаты $\text{Ln}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$, где $\text{Ln} = \text{La–Tb}$, а δ изменяется от 0 до 0.5, представляют собой соединения, обладающие смешанной электронно-ионной проводимостью.

Флюоритоподобные молибдаты редкоземельных элементов и твердые растворы на их основе являются объектом пристального внимания исследователей. При этом необходимо отметить, что, несмотря на значительное число публикаций, касающихся изучения изоморфных замещений в структуре, систематических исследований по замещению редкоземельных элементов на катионы двухзарядных металлов не проведено.

Целью работы является исследование изоморфного замещения празеодима двухвалентными элементами в структуре молибдата $\text{Pr}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$.

Основная часть. Теоретическое описание изоморфизма в случае гетеровалентного замещения затруднено ввиду многокомпонентности систем, трудностей в определении распределения атомов по позициям и выборе значений эмпирических параметров.

Компенсация заряда при замещении празеодима на двухзарядные ионы возможна с уменьшением содержания кислорода по схеме:



Для соединений со структурой флюорита образование вакансий благотворно влияет на электропроводность. Однако, не исключено сохранение баланса зарядов без изменения числа структурных единиц, которое обеспечивается переходом эквивалентного количества празеодима в степень окисления 4+:



но при этом должно наблюдаться увеличение электропроводности пропорционально степени замещения, обусловленное возрастанием электронной составляющей проводимости.

Заключение. Методом твердофазных реакций синтезированы твердые растворы составов $\text{Pr}_{5-x}\text{Ca}_x\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$, $\text{Pr}_{5-x}\text{Sr}_x\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$, $\text{Pr}_{5-x}\text{Ba}_x\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$. Установлено, что определяющее влияние на степень замещения празеодима на двухвалентные элементы оказывает разница электроотрицательностей, и в меньшей степени – разница в размерах замещающихся ионов. Данное исследование расширило сведения об изоморфных замещениях в семействе флюоритоподобных соединений, обладающих смешанной кислородно-ионной/электронной проводимостью.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках государственного задания «Полифункциональные материалы на основе сложнооксидных соединений редких и редкоземельных элементов» (№ госрегистрации 124012400342-7).

Список литературы

1. Lyskov, N.V.; Kotova, A.I.; Petukhov, D.I.; Istomin, S.Y.; Mazo, G.N. A new electroactive and stable electrode based on praseodymium molybdate for symmetrical SOFCs // Russ. J. Electrochem. – 2022. – Vol. 58. – P. 989–997.
2. Ushakov, A.E.; Merkulov, O.V.; Markov, A.A.; Patrakeev, M.V.; Leonidov, I.A. Ceramic and transport properties of halogensubstituted strontium ferrite // Ceram. Int. – 2018. – Vol. 44. – P. 11301–11306.
3. Tarasova, N.; Animitsa, I. The influence of fluorine doping on transport properties in the novel proton conductors $\text{Ba}_4\text{In}_2\text{Zr}_2\text{O}_{11}\square_{0.5x}\text{F}_x$ with perovskite structure // Solid State Sci. – 2019. – Vol. 87. – P. 87–92.
4. Biendicho J.J., Playford H.Y., Rahman S.M.H., Norberg S.T., Eriksson S.G., Hull S. The Fluorite-Like Phase $\text{Nd}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16\pm\delta}$ in the $\text{MoO}_3\text{-Nd}_2\text{O}_3$ System: Synthesis, Crystal Structure, and Conducting Properties // Inorg. Chem. – 2018. – Vol. 57. – P. 7025–7035.
5. Istomin S.Ya., Kotova A.I., Lyskov N.V., Mazo G.N., Antipov E.V. $\text{Pr}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16} + \delta$: A New Anode Material for Solid Oxide Fuel Cells // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2018. – Vol. 63. – P. 1291–1296.
6. Bourdet J.B., Chevalier R., Fournier J.P., Kohlmuller R. A structural study of cadmium yttrium molybdate $\text{CdY}_4\text{Mo}_3\text{O}_{16}$. // J. Omalý Acta Crystallogr., Sect. B. – 1982. – Vol. 38. – P. 2371–2374.
7. Cortese A.J., Abeysinghe D., Wilkins B., Smith M.D., Rassolov V., Loe H.-C. Oxygen Anion Solubility as a Factor in Molten Flux Crystal Growth, Synthesis, and Characterization of Four New Reduced Lanthanide Molybdenum Oxides: $\text{Ce}_{4.918(3)}\text{Mo}_3\text{O}_{16}$, $\text{Pr}_{4.880(3)}\text{Mo}_3\text{O}_{16}$, $\text{Nd}_{4.910(3)}\text{Mo}_3\text{O}_{16}$, and $\text{Sm}_{4.952(3)}\text{Mo}_3\text{O}_{16}$ // Cryst. Growth Des. – 2016. – Vol. 16. – P. 4225–4231.
8. Get'man E.I., Chebyshev K.A., Pasechnik L.V., Ardanova L.A., Selikova N.I., Radio S.V. Isomorphous substitutions and conductivity in molybdates $\text{Nd}_{5-x}\text{Ln}_x\text{Mo}_3\text{O}_{16+y}$ ($y \sim 0.5$), where $\text{Ln} = \text{La}, \text{Ce}, \text{Pr}$ // J. Alloys Compd. – 2016. – Vol. 686. – P. 90–94.
9. Chebyshev K.A., Get'man E.I., Pasechnik L.V., Ardanova L.I., Korotina D.V.. Crystal structure and electrical conductivity of $\text{Nd}_{5-x}\text{Sm}_x\text{Mo}_3\text{O}_{16}$ solid solutions // Inorganic Materials. – 2015. – Vol. 51. – P. 1033–1038.

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕЕСЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМЕ CoSO_4 - SnSO_4 - Na_2O_2

Шавшина А.Н., ORCID 0009-0005-0400-9816,
Громенко В.О., ORCID 0009-0002-8629-104X,
Капитанчук Е.Ю., ORCID 0009-0007-9016-4058,
Берестовая А.А., ORCID 0000-0003-2280-0706
ФГБНУ «НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк, РФ
laboratoriaotskm@mail.ru

Введение. Самораспространяющееся взаимодействие представляет собой высокоэнергетический экзотермический процесс в твердой фазе, который инициируется внешним источником тепла и распространяется в виде узкой реакционной волны с высокой скоростью. Это взаимодействие относится к классу самораспространяющихся высокотемпературных синтезов (СВС), где значительные температурные и концентрационные градиенты в зоне реакции способствуют интенсивному перемешиванию компонентов, сокращению времени взаимодействия и повышению степени конверсии веществ.

Особый интерес представляют самораспространяющиеся реакции на основе пероксидных соединений натрия с безводными сульфатами металлов. Na_2O_2 представляет собой одно из самых реакционно-способных веществ, данные реакции сопровождаются сильным экзотермическим эффектом, вследствие чего и реализуется процесс самораспространяющего взаимодействия (СРВ) [1].

В бинарных системах сульфатов переходных металлов и пероксидов щелочных металлов, таких как $\text{CoSO}_4 - \text{Na}_2\text{O}_2$, процесс СРВ протекает через ступенчатые реакции замещения катионов. Согласно исследованиям [2], в системе $\text{CoSO}_4 - \text{NaO}_2$ (где NaO_2 разлагается до Na_2O_2 и O_2 при 140 – 250 °С) ключевые реакции включают образование промежуточных комплексов, таких как $\text{Na}_2[\text{Co}(\text{SO}_4)_2]$, с последующим формированием CoO , Na_2SO_4 и выделением O_2 .

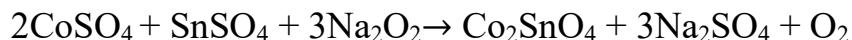
Для системы $\text{SnSO}_4 - \text{Na}_2\text{O}_2$ прямые данные о СРВ отсутствуют, однако по аналогии с другими сульфатами (например, ZnSO_4 в системах с $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) ожидается окисление Sn(II) до Sn(IV) с образованием SnO или SnO_2 .

Также было изучено [3], что в результате СРВ в системах $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{MeSO}_4 - \text{Na}_2\text{O}_2$ (где $\text{Me} - \text{Zn}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}$) получают оксиды наноразмерных частиц, обладающие повышенной активностью и способные реагировать между собой с образованием шпинели MeAl_2O_4 .

Цель работы – исследование самораспространяющегося взаимодействия в системе $\text{CoSO}_4 - \text{SnSO}_4 - \text{Na}_2\text{O}_2$.

Основная часть. В качестве исходных реагентов для проведения самораспространяющегося взаимодействия в системе CoSO_4 - SnSO_4 - Na_2O_2 использовали безводный сульфата кобальта и олова, пероксид натрия.

Экзотермическое взаимодействие в системе CoSO_4 - SnSO_4 - Na_2O_2 можно представить следующим уравнением химической реакции:



Безводные порошки сульфатов кобальта и олова смешивали с пероксидом натрия в перчаточном боксе. Помол компонентов проводили в мельнице шаровой барабанно-валковой, при скорости вращения барабана 400 об/мин, в течение 10 мин. Инициирование самораспространяющегося взаимодействия, определение скорости и температуры горения таблетки проводили на установке для измерения скорости горения.

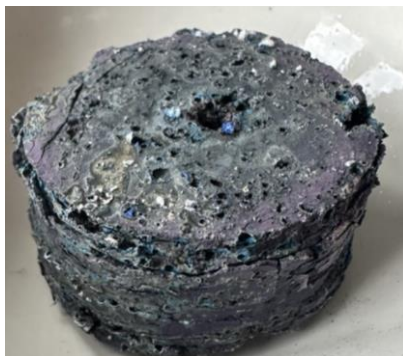


Рис. 1. Образец продукта горения системы $\text{CoSO}_4 + \text{SnSO}_4 + \text{Na}_2\text{O}_2$, скорость горения составляет 56,4 мм/мин

Реакции методом СРВ обычно приводят к образованию мелкодисперсных частиц [4]. Однако, размер этих частиц может варьироваться в широком диапазоне в зависимости от условий проведения процесса. В разбавленной суспензии размер и концентрацию частиц определяют, анализируя изменение оптической плотности при седиментации: суспензию освещают лазером, а фотоэлемент фиксирует интенсивность прошедшего света на определенном расстоянии от поверхности. Начальную оптическую плотность, измеренную через заданное время после добавления образца и остановки перемешивания, принимают за 100 % концентрации суспензии, и с этого момента начинают запись данных.

Определение скорости осаждения с выдержкой в 20, 30 и 60 минут показало, что размер зерна уменьшается от 4,1 мкм до 2,2 мкм с увеличением времени. Распределение частиц по размерам показано на рисунке 2 (верхняя кривая – содержание частиц, нижняя – размер зерна).

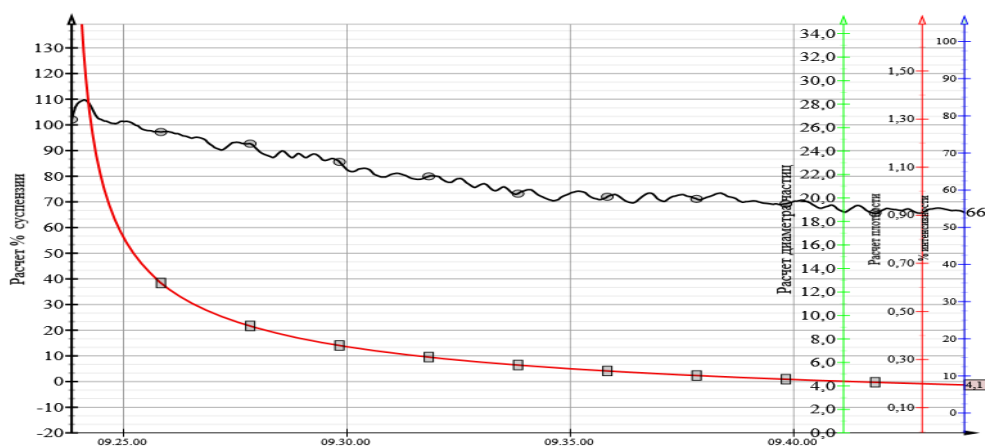


Рис. 2. Результаты седиментационного анализа образца кобальто-оловянной шпинели, полученного СВВ

Размер частиц продукта, полученного методом СВВ, оказывает значительное влияние на его свойства. Более мелкие частицы имеют большую площадь поверхности, что приводит к более высокой каталитической активности. Размер и форма частиц может влиять на проводимость, диэлектрическую проницаемость и магнитные свойства сложных оксидов, а также влияют на его цвет и плотность.

Заключение. СВВ является эффективным методом получения мелкодисперсных частиц, но для контроля размера частиц необходимо тщательно управлять параметрами процесса. Выбор оптимальных параметров зависит от требуемых свойств конечного продукта.

Информация о финансовой поддержке: Исследования проводились при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ «НИИ «Реактивэлектрон (номер госрегистрации 1023110100083-4).

Список литературы

1. Гороховский, А.Н. Самораспространяющееся взаимодействие супероксида и пероксида натрия с сульфатами некоторых s-, p-, d- металлов: Дис. канд. хим. наук: 02.00.01. – Д., 2000. – 193 с.
2. Цапко, А.А. Самораспространяющееся взаимодействие в системе $\text{CoSO}_4\text{-NaO}_2$ / А. А. Цапко, В.В. Шаповалов // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск, 2012. № 4. – С. 139.
3. Шавшина А.Н., Кара А.В., Светлаков О.Ю., Журавлев С.В. Исследование механизма образования алюмо-кобальтовой шпинели методом самораспространяющегося взаимодействия / А.Н. Шавшина, А.В. Кара, О. Ю. Светлаков, С. В. Журавлев // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2024. – № 4. – С. 128-134. – DOI: 10.5281/zenodo.14229035.
4. Львов О.В., Касацкий Н.Г., Радишевская Н.И. Особенности СВС синтеза шпинелей в системе $\text{MgO-ZnO-CoO-Al}_2\text{O}_3$ / О.В. Львов, Н.Г. Касацкий, Н.И. Радишевская // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Химические науки. – № 2 (11). – 2015.

**МАГНИТНО-ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОД
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ,
СОДЕРЖАЩИХ МАГНИТНУЮ КОМПОНЕНТУ**

Шановалов В.В., д-р. хим. наук, проф., ORCID 0000-0001-8634-8929,

Афанасьев В.В., ORCID 0009-0008-3287-0998,

Алехов Ю.А., ORCID 0009-0007-5859-4939

ФГБНУ «НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк, РФ

ferrit_dn@mail.ru

Введение. Одним из многообразных композиционных материалов, имеющих в своем составе магнитную компоненту, являются магнитно-абразивные порошки (МАП), применяемые для финишной обработки деталей машин и инструментов [1]. МАП представляют собой ядро из магнитного материала с нанесенным слоем абразива. При производстве таких порошков необходимо постоянно контролировать количественное соотношение магнитной компоненты и немагнитной (абразива). Существующий химический метод анализа - комплексонометрический, достаточно точный, но затратный и длительный. В работе [2] разработана методика определения магнитно-массовой пробы МАП, заключающаяся в измерении массы порошка, удерживаемого электромагнитом при протекании по нему фиксированной величины постоянного электрического тока. Однако данная методика отличается высокой (более 15 %) погрешностью измерений.

Цель работы - Разработать методику и создать установку для количественного экспресс анализа композитных порошков, имеющих в своем составе магнитную компоненту.

Основная часть. Для реализации поставленной цели была разработана и изготовлена компьютеризированная установка для измерения магнитных свойств образцов в слабых магнитных полях, практически исключающих влияние парамагнитной и диамагнитной составляющих. Реализация установки осуществлена на принципе весов Фарадея [3]. Структурная схема представлена на рисунке 1. Основными частями установки являются весы и соленоид. Весы выполнены на основе тензометрического минисенсора с максимальной нагрузкой 100 г с передачей на него усилия через разноплечное коромысло, установленное на агатовых опорах, что позволило обеспечить чувствительность весов на уровне 0.1 мг. На стержне, расположенном на коромысле весов, располагается держатель образца, либо держатель, совмещенный с калиброванным датчиком Холла. Аналоговый сигнал с весов поступает на 24 битный АЦП и микроконтроллер. В разработанном программном

обеспечении микроконтроллера предусмотрены регулируемые функции усреднения считываемых данных и их фильтрация, после чего данные передаются на компьютер. Сигнал управления соленоидом формируется в компьютере и передается через микроконтроллер на цифро-аналоговый преобразователь. С выхода последнего аналоговый сигнал усиливается и подается на соленоид. Ток, протекающий через соленоид, фиксируется измерителем тока INA219 и в цифровом виде подается в микроконтроллер. Для периодического контроля вместо держателя образца на уровне размещения образца устанавливается датчик Холла и в память ПК записывается соответствующая поправка. Во избежание ошибок дрейфа нуля весов при малых изменениях веса на соленоид подается напряжение пилообразной формы. Компьютерный интерфейс управления установкой включает функции создания файла данных и сохранение их в графическом и цифровом формате таблиц Excel. Вывод данных на экран ПК осуществляется в графическом или табличном виде, либо в их комбинации. Предусмотрены возможности установки чувствительности весов, изменения характеристик пилообразного сигнала управления соленоидом, скорости развертки. Функционально реализованы возможности усреднения и фильтрации сигналов в программной среде микроконтроллера.

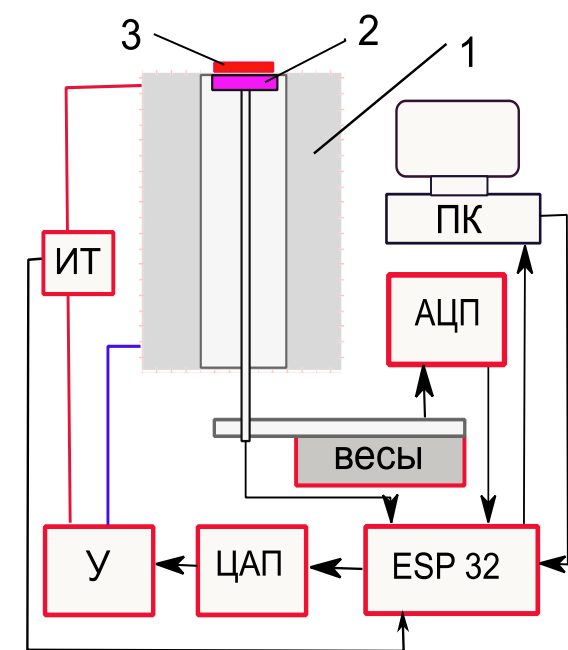


Рисунок 1 – Структурная схема магнитометра: 1 – соленоид; 2 – держатель образца (датчик Холла); 3 – образец; ПК – компьютер; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ESP32 – микроконтроллер; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; У – усилитель; ИТ –измеритель тока

Проверку установки и метода осуществляли на образцах МАП, состоящих из железного порошка марки ПЖР-200 глобулярной формы, покрытого слоем тонкодисперсного карбида титана [2]. Для этого были приготовлены смеси карбида титана с размером частиц 5–7 мкм с железными

порошками фракциями 75–106 и 106–125 мкм.

Зависимости магнитно-массового параметра от содержания железа в смесях аппроксимируются для линии 1 уравнением:

$$Y=3,0118X, \quad R^2 = 0.982; \quad (1)$$

для прямой 2 –уравнением:

$$Y =3.0119X, \quad R2 =0.981; \quad (2)$$

где – Y – магнитно-массовый параметр, мг/г; X – массовое содержание железа, %; R –коэффициент корреляции.

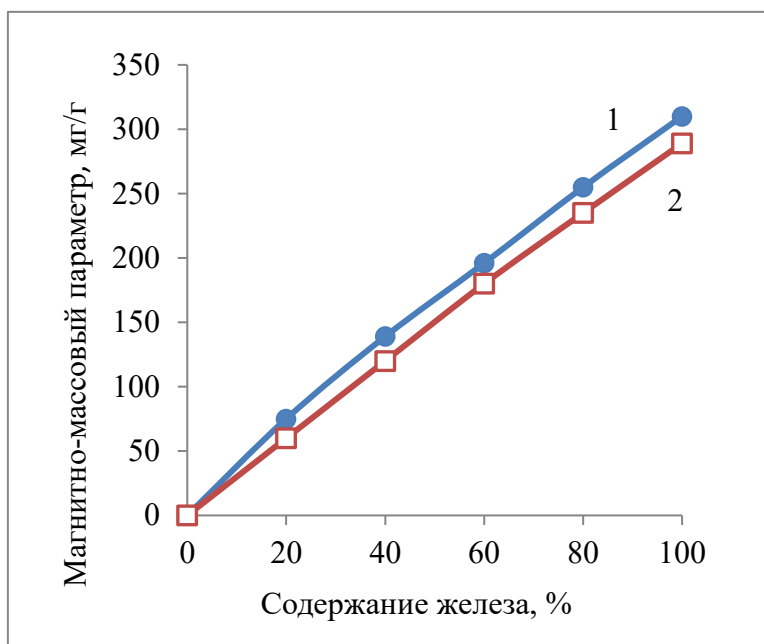


Рис. 2. Зависимость магнитно-массового параметра, мг/г от содержания железного порошка: 1 – фракция железа 75-106 мкм, 2 – фракция железа 106-125 мкм. Магнитная индукция 15 мТ

Контрольные измерения, проведенные на МАП (фракция железа 75–106 мкм) и МАП (фракция железа 106–125 мкм) показали, что результаты магнитных измерений и расчетов по формулам 1, 2 совпадают в пределах $\pm 1,8\%$ с данными химического анализа.

Таким образом, предложенный экспресс метод по ошибке измерения почти в 10 раз превосходит ранее использованный экспресс-метод [2], приближается к химическому анализу по точности, и может быть рекомендован к использованию при производстве МАП.

Информация о финансовой поддержке: Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации **123121500052-4**).

Список литературы

1. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. – Ленинград: Машиностроение; Ленинградское отделение, 1986. – 176 с.
2. Полищук, В.С. Модельные порошки-инструменты для магнитно-абразивной обработки сталей, твердых сплавов и цветных металлов / В.С. Полищук, Ю.А. Алехов, А.Н. Пересадченко. – Донецк: Издательство ИП Ильина Н.Б., 2023. – 208 с.
3. Магнитные материалы микро– и наноэлектроники: учеб. пособие / А. Л. Семенов, А. А. Гаврилюк, Н. К. Душутин, Ю. В. Ясюкевич. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. – 147 с.
4. Сандуляк, А.В. Магнитометр Фарадея с полюсными наконечниками-полусферами: идентификация зоны стабильного силового фактора. / А.В. Сандуляк, А.А. Сандуляк, М.Н. Полисмакова [и др.] // Российский технологический журнал. – 2017. – Т. 5. – № 6. – С. 43 – 54.

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО МОНОКАЛИЙФОСФАТА НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Шатило В.И., канд. техн. наук, доц., ORCID 0009-0007-0835-2800,

Холод А.А., Савицкая В.С.

УО «Белорусский государственный технологический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь

shatsilo@belstu.by

Введение. Использование экстракционной фосфорной кислоты вместо более дорогой термической позволяет снизить себестоимость производства фосфатов. Однако экстракционная фосфорная кислота характеризуется невысокой концентрацией (от 25 до 48 % P_2O_5) и достаточно большим содержанием примесей (до 15 % масс.). Это предопределяет более широкое применение ее в технологии минеральных удобрений. С целью получения водорастворимого монокалийфосфата предпочтение следует отдать упаренной экстракционной фосфорной кислоте (УЭФК), как более концентрированной и содержащей меньшее количество примесей, в частности соединений железа, алюминия, фтора, которые удаляются при ее упарке.

В Республике Беларусь существует крупнотоннажное производство УЭФК на предприятии ОАО «Гомельский химический завод».

Гидроксид калия является оптимальным реагентом для производства монокалийфосфата благодаря высокой химической активности и технологическим преимуществам. В отличие от карбоната или хлорида калия, он полностью реагирует с фосфорной кислотой без образования побочных продуктов, что упрощает процесс и снижает затраты на очистку. Реакция взаимодействия фосфорной кислоты и гидроксида калия протекает быстро с выделением большого количества тепла (193 кДж/моль), что позволяет экономить энергию на упаривании раствора. Гидроксид калия производится в Республике Беларусь на ОАО «Беларуськалий» как в виде кристаллического продукта, так и в виде растворов.

Цель исследований – изучение возможности получения водорастворимого монокалийфосфата на основе УЭФК и раствора гидроксида калия.

Основная часть. Эксперимент включал два основных этапа. На первом этапе осуществлялась нейтрализация УЭФК раствором гидроксида калия до $pH = 4,5$ [2]. Для достижения данного pH требуется поддержание мольного соотношения $K_2O:P_2O_5$ на стадии нейтрализации выше единицы, что достигается введением избытка гидроксида калия. Это обусловлено потерями калия вследствие связывания его в виде комплексных соединений алюминия и железа и гексафторсиликата калия.

Состав применяемой УЭФК (мас. %): P_2O_5 общ – 49,45; CaO – 0,185; SO_4^{2-} – 3,55; F^- – 0,135; Fe_2O_3 – 0,745; Al_2O_3 – 0,306.

Получаемая в результате нейтрализации суспензия выдерживалась при температуре (70–80°C) в течение 60–70 минут. После завершения синтеза проводили разделение, путем фильтрации, полученной системы на маточный раствор и фторфосфатный осадок. Каждую из фаз анализировали на содержание основных и примесных компонентов по стандартным методикам [1].

Следующий этап выполняемого исследования заключался в изучении процесса получения монокалийфосфата из очищенного раствора. Раствор фосфата калия, полученный после разделения суспензии упаривался до концентрации 41 %, что соответствует насыщенному при 80 °С. Кристаллизация проводилась политермическим методом, путем охлаждения упаренного раствора до 20°C, пересыщение составило 22,7 %.

После завершения кристаллизации выпавшие кристаллы отделяли от насыщенного маточного раствора фильтрованием. Влажные кристаллы подвергались сушке до постоянной массы при температуре 90–95 °С. Определяли массы кристаллического осадка и маточного раствора и анализировали на содержание основных и примесных компонентов по стандартным методикам [1].

Содержание основных и примесных компонентов во фторфосфатном осадке и в растворе фосфата калия, полученных нейтрализацией УЭФК раствором гидроксида калия до pH = 4,5 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Состав продуктов, полученных при нейтрализации УЭФК раствором гидроксида калия и степень перехода компонентов в осадок

Компоненты	Содержание, мас.%		Степень перехода в осадок, %
	Осадок	Раствор фосфата калия	
P_2O_5 общ.	33,01	10,12	14,51
P_2O_5 усв..	33,00	—	14,50
P_2O_5 вод.	23,47	—	10,31
K_2O общ.	18,21	6,99	12,10
K_2O вод..	10,99	—	6,39
CaO	0,19	0,03	22,16
Fe_2O_3	4,56	отс.	100,00
Al_2O_3	1,26	0,02	75,00
SO_4^{2-}	2,90	0,82	16,32
F^-	0,60	0,001	97,34
Влага	51,20	—	—

Влажность осадка составила 51,20 %, выход сухого фторфосфатного осадка на 100 г кислоты – 21,73 %. Степень перехода фосфора в осадок составляет 14,51 %. Причем практически весь фосфор находится в усвояемой форме, из которого до 71 % является водорастворимым. Это

обусловлено высокой влажностью твердой фазы. Суммарное содержание питательных элементов (K_2O , $P_2O_{5\text{вод.}}$) в осадке составляет 41,68 % что делает его пригодным для использования в качестве удобрения. Степень перехода калия 12,10 %. Соединения кальция осаждаются на 22,16 % в виде фосфата и сульфата кальция. Это свидетельствует о том, что значительная часть кальция в виде растворимых солей остается в растворе фосфата калия. Кроме того, в процессе нейтрализации УЭФК раствором гидроксида калия образуются труднорастворимые фторсодержащие комплексные соединения и гексафторсиликат калия, степень перехода фторид-иона в осадок достигает 97,34 %.

Из очищенного от нерастворимых примесей и упаренного раствора дигидрофосфата калия путем политермической кристаллизации получен кристаллический осадок влажностью 9,22 % следующего состава (мас.%): P_2O_5 – 51,33; K_2O – 33,48; SO_4^{2-} – 0,73; F^- – 0,001; CaO – 0,01; н.о. – 0,04. В образующемся маточном растворе содержание основных компонентов составило (мас. %): P_2O_5 – 10,05; K_2O – 8,23.

Выход кристаллического продукта на 100 г фосфорной кислоты составил 57,66 %. Суммарное содержание питательных элементов в кристаллическом осадке составляет 84,81 %, в маточном растворе – 18,28 %. Для исключения потерь питательных элементов с маточным раствором, при разработке технологии необходимо предусмотреть его полный возврат в технологический процесс на стадию нейтрализации.

Заключение. Содержание в полученном продукте фосфора в пересчете на P_2O_5 и калия в пересчете на K_2O свидетельствует о том, что получен практически чистый монокалийфосфат. Содержание нерастворимых в воде веществ (н.о.) удовлетворяет требованиям, предъявляемым к водорастворимым удобрениям (не более 0,1 %).

Выполненные исследования позволили установить возможность получения монокалийфосфата на основе УЭФК и раствора гидроксида калия, который может найти применение в качестве бесхлорного водорастворимого удобрения.

Список литературы

1. Винник М.М. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов / М.М. Винник, Л.Н. Ербанова, П.М. Зайцев [и др.] – М.: Химия, 1975. – 218 с.
2. Кононов А.В. Основы технологии комплексных удобрений / А.В. Кононов, В.Н. Стерлин, Л.И. Евдокимова. – М.: Химия, 1988. – 320 с. – ISBN 5-7245-0066-3.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕРМАНАТО- ВАНАДАТА СВИНЦА, МОДИФИЦИРОВАННОГО БАРИЕМ И ЛАНТАНОМ

Яблочкова Н.В., канд. хим. наук, доц., ORCID 0009-0007-9813-3782,
Куртова В.Д.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
n.iablochkova@donnu.ru

Введение. Структура апатита изучена различными методами, она показывает склонность к изоморфным замещениям различного характера. Исследованы природные и синтетические твердые растворы на основе этой кристаллической матрицы. Однако до сих пор нет четко сформулированного правила, позволяющего прогнозировать пределы изоморфных замещений. В том или ином случае этот вопрос решается экспериментальным путем.

Рациональность подобных исследований неоднократно доказана тем, что твердые растворы на основе апатита являются потенциальным сырьем для получения различных функциональных материалов. Модифицированные различными катионами и анионами апатиты проявляют каталитические, лазерные, люминесцентные, биологически активные свойства, могут быть использованы как пигменты, твердые электролиты и прочее. Все зависит от компонентов.

Ряд изученных составов модифицированного апатита внушителен, и он все еще расширяется. Подробно изучен кальциевый гидроксиапатит, в последнее время рассматриваются его структурные аналоги, содержащие ионы другой природы, твердые растворы на их основе.

Цель исследования – получение серии твердых растворов на основе лакунарного апатита состава $\text{Pb}_8\text{La}_2(\text{GeO}_4)_4(\text{VO}_4)_2$, содержащих барий, определение области гомогенности при замещении свинца щелочноземельным элементом, уточнение кристаллической структуры для определения распределения компонентов по различным катионным позициям.

Основная часть. Методом рентгенофазового анализа была изучена возможность изовалентного замещения свинца барием в структуре $\text{Pb}_8\text{La}_2(\text{GeO}_4)_4(\text{VO}_4)_2$. Разница в размерах замещающихся структурных единиц позволяла предположить образование неограниченного ряда твердых растворов. На первом этапе применялся твердофазный метод синтеза, как наиболее простой с технической точки зрения. Все компоненты, кроме бария, вносили в виде оксидов, источником последнего служил карбонат бария. После взвешивания исходных соединений, шихту

гомогенизировали и подвергали высокотемпературной обработке с промежуточной гомогенизацией образовавшегося спека. Максимальная температура синтеза достигла 800°C, что является подходящим для свинецсодержащих составов.

Исследование полученных образцов методом РФА показало их многофазность: кроме структуры апатита, в составе еще присутствовали рефлексы примесной фазы. Поэтому была осуществлена попытка синтезировать образцы того же состава из раствора. Исходные компоненты предварительно растворяли и в дальнейшем выпаривали.

В случае полукерамической технологии синтеза был получен ограниченный ряд твердых растворов, что говорит о том, что этот метод более применим. Методом РФА определена область гомогенности, определены параметры элементарной ячейки твердых растворов. Условия проведения эксперимента: аппарат ДРОН-3, CuK_{α} -излучение, Ni фильтр, скорость движения счетчика 2°/мин, диапазон углов 20°-90°, сравнение результатов с данными PDF-2 (ICCD) из программы Match. Параметры закономерно изменяются в гомогенной области, показывая корреляцию с размерами и количеством замещающихся структурных единиц. В гетерогенной области величина стабильна.

Уточнение кристаллической структуры по данным того же дифрактометра, но с меньшей скоростью количественно показало распределение катионов по структурным позициям (координация VI и IX соответственно).

Заключение. Подобраны оптимальные условия синтеза твердых растворов на основе германато-ванадата свинца-лантана, модифицированного барием, определена область гомогенности, показано линейное изменение параметров элементарной ячейки при вхождении в структуру замещающего иона. Уточнена кристаллическая структура методом Ритвельда.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена по теме государственного задания (№ госрегистрации 124012400342-7).

УДК 544.43:547.565

СИНЕРГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕНОЛ-МОНОСАХАРИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В РЕАКЦИИ С АЗОТ-ЦЕНТРИРОВАННЫМ РАДИКАЛОМ

Белая Н.И., д-р хим. наук, доц., ORCID 0000-0003-3359-3239,
Белый А.В., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0001-6837-9211,

Кулик Е.В., ORCID 0009-0000-1570-4041,

Будникова Е. А., ORCID 0000-0001-8587-6359

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
nat.iv.belaya@mail.ru

Введение. Исследование эффектов сверхаддитивности и создание алгоритмов конструирования синергических композиций между первичными (углеводы) и вторичными (фенолы) растительными метаболитами является актуальным направлением, отвечающим современным запросам в области химии, биологии и медицины. Это связано с низкой токсичностью фенол-сахаридных композиций, их биологической активностью и широким распространением в природе.

Цель работы – исследование кинетики и механизма синергического антирадикального действия бинарных смесей природных фенолокислот (ArOH) с моносахаридами (Sacch) в кислых средах.

Основная часть. Антирадикальную активность фенолов, углеводов и их смесей исследовали в реакции со 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH[•]) в солянокислом буфере с pH 2 методом фотоколориметрии при температуре 298±2 К [1]. По изменению кинетики расходования радикала DPPH[•] установлено, что все исследованные фенолокислоты (ArOH) взаимодействуют с DPPH[•] по реакции [1, 2]:



Сахариды не окисляются радикалом, но при определенной концентрации в бинарной композиции с фенолами усиливают их антирадикальное действие, проявляя функции синергиста. Синергический эффект определяли по усилению антирадикального действия смеси по сравнению с аддитивным действием компонентов (SE), а также по усилению антирадикального действия смеси по сравнению с действием фенола, взятого в суммарной концентрации смеси (S). Максимальный эффект синергизма проявляется при соотношении фенол–сахарид в растворе как 70:30 %. При повышении доли моносахарида в смеси эффект синергизма снижается. В ряду исследованных моносахаридов наиболее выражены синергические эффекты для смесей синаповой, гентизиновой и феруловой кислот с галактозой (табл.).

Таблица

Начальные скорости реакции (v , моль·л⁻¹·с⁻¹) и максимальные эффекты синергизма ($SE_{\max}$ и $S_{\max}$) композиций ArOH с галактозой (70:30 %) (суммарная концентрация $8 \cdot 10^{-5}$ моль·л⁻¹) в реакции с DPPH[•] при pH 2 и 298±2 К

Фенолокислоты	$v_{(0)ArOH(100)}$	$v_{(0)ArOH}$	$v_{(0)mix}$	$SE_{\max}$	$S_{\max}$
синаповая	$2.68 \cdot 10^{-6}$	$1.87 \cdot 10^{-6}$	$3.28 \cdot 10^{-6}$	75±3	1.23
гентиизиновая	$3.14 \cdot 10^{-6}$	$2.20 \cdot 10^{-6}$	$3.82 \cdot 10^{-6}$	74±3	1.22
феруловая	$2.90 \cdot 10^{-6}$	$2.03 \cdot 10^{-6}$	$3.57 \cdot 10^{-6}$	76±3	1.23
кофейная	$2.56 \cdot 10^{-6}$	$1.79 \cdot 10^{-6}$	$2.99 \cdot 10^{-6}$	67.0±2.6	1.17
пирокатеховая	$7.74 \cdot 10^{-7}$	$5.42 \cdot 10^{-7}$	$8.89 \cdot 10^{-7}$	64.2±2.5	1.15
3-пирогаллокарбоновая	$7.04 \cdot 10^{-7}$	$4.93 \cdot 10^{-7}$	$8.03 \cdot 10^{-7}$	63.0±2.5	1.14
сиреневая	$4.54 \cdot 10^{-7}$	$3.18 \cdot 10^{-7}$	$5.12 \cdot 10^{-7}$	61.2±2.3	1.13
протокатеховая	$3.78 \cdot 10^{-7}$	$2.64 \cdot 10^{-7}$	$4.07 \cdot 10^{-7}$	54.0±2.1	1.08
галловая	$3.97 \cdot 10^{-7}$	$2.78 \cdot 10^{-7}$	$4.19 \cdot 10^{-7}$	51.3±2.1	1.06
п-кумаровая	$6.02 \cdot 10^{-8}$	$4.21 \cdot 10^{-8}$	$5.45 \cdot 10^{-8}$	29.1±0.9	0.91

Методом ЯМР- и УФ-спектроскопии установлено, что причиной установленного синергизма является образование межмолекулярных водородносвязанных комплексов между фенолокислотой и моносахаридом в стехиометрическом соотношении 1 : 1:



Полученные значения констант устойчивости комплексов ArOH ... Sacch, а также соответствующие им изменения свободной энергии Гиббса реакции (2) свидетельствуют о смещении положения равновесия в сторону образования ассоциатов.

Заключение. Таким образом, определено, что рабочий диапазон pH среды, в котором будут проявляться эффекты синергизма, варьируется от 2 до 7. Наиболее выражен эффект синергизма порядка 74–76 % у галактозных композиций с синаповой, гентиизиновой и феруловой кислотами. Спектральными и кинетическими методами установлено, что механизм синергического действия заключается в образовании водородносвязанного комплекса ArOH ... Sacch состава 1:1.

Информация о финансовой поддержке. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ госрегистрации 124012400355-7 «Кинетика и механизмы радикальных и ферментативных процессов»).

Список литературы

1. Belaya, N.I. The synergy of the antiradical action of natural phenols in mixtures with monoand oligosaccharides / N.I. Belaya, A.V. Belyi, E.A. Budnikova // ChemChemTech. – 2023. – V. 66, N 5. – P. 32-40. DOI: 10.6060/ivkkt.20236605.6785
2. Белая, Н.И. Активность межмолекулярных водородных комплексов кверцетина с глюкозой в реакциях с пероксирадикалами хлопкового масла / Н.И. Белая, А.В. Белый, Г.А. Тихонова, Я.С. Удалов // Химия раст. сырья. – 2020. – № 3. – С. 57-65. DOI: 10.14258/jcprm.2020036631

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕЗМЕТАЛЛИЧЕСКИХ АКТИВАТОРОВ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В ОКИСЛЕНИИ ДИЭТИЛСУЛЬФИДА

Безбожная Т.В., канд. хим. наук, ORCID 0000-0002-7905-6546,
Лобачев В.Л., д-р хим. наук, ст. науч. сотр., ORCID 0009-0006-7467-6056
ФГБНУ “Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М. Литвиненко”, г. Донецк, РФ
b.t.v.57@rambler.ru, lobachev.vl51@yandex.ru

Развитие методов быстрого селективного окисления органических сульфидов (тиоэфиров) находится в фокусе многих современных исследований. Это связано с тем, что продукты окисления тиоэфиров – сульфоксиды или сульфоны – являются полезными синтетическими промежуточными продуктами для конструирования различных химических и биологически активных молекул.

Решение этой задачи имеет также большое значение для разложения активных компонентов пестицидов и отравляющих веществ.

Кроме того, метод окислительной десульфуризации нашел широкое применение в нефтехимии, что связано со строгой регламентацией содержания серы в углеводородном сырье и продуктах его переработки, обусловленной проблемами экологии и повышением эксплуатационных свойств нефтепродуктов.

В качестве безметаллических окислителей тиоэфиров могут быть использованы пероксид водорода, кислород, озон, HNO_3 , Br_2 , производные хлорноватистой кислоты и др.

Наиболее привлекательным в качестве окислителя для жидкофазных реакций является пероксид водорода благодаря своей растворимости в воде и многих органических растворителях, единственным побочным продуктом окисления является вода. Кроме того, водный раствор пероксида водорода безопасен при хранении, эксплуатации и транспортировке, легкодоступен на рынке и относительно дешев. Однако H_2O_2 проявляет низкую активность в реакциях с сульфидами и требуется его активация.

Цель работы – анализ безметаллических активаторов пероксида водорода для реакций окисления диэтилсульфида, выбранного в качестве модельного соединения, предложить подход к выбору активатора в зависимости от pH реакционной среды.

Увеличить эффективность действия H_2O_2 можно изменяя pH среды. Скорость окисления растет при $\text{pH} < 1,5$, что связано с участием в качестве активных частиц протонированной формы пероксида водорода HOONH_2^+ . Значения констант скорости соответственно равны $k_{\text{HOONH}_2^+} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$ и $k_{\text{HOONH}_2^+} = 244 \text{ M}^{-1} \text{ c}^{-1}$.

В нейтральной и слабощелочной средах целесообразно использовать бикарбонатную систему $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{NaHCO}_3$. Компоненты этой системы недороги и экологически безопасны.

Активирующее действие гидрокарбонат-иона связано с генерированием в системе $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{HCO}_3^-$ иона пероксикарбоната HCO_4^- , который является более сильным двухэлектронным окислителем ($E^\circ = 1,8 \text{ В}$), чем пероксид водорода. Пероксикарбонат ион эффективен в области pH 7 – 9, при pH > 9 скорость окисления резко снижается. Константа скорости убыли субстрата в присутствие бикарбоната при pH 7 – 9 примерно в 1,3 раза выше, чем в системе только с пероксидом водорода.

Эффективным активатором H_2O_2 в окислении диэтилсульфида является борная кислота. Активирующий эффект $\text{B}(\text{OH})_3$ связывают с образованием активных анионов монопероксобората $\text{B}(\text{OH})_3(\text{OON})^-$ и дипероксобората $\text{B}(\text{OH})_2(\text{OON})_2^-$. Зависимость констант скорости каталитического маршрута окисления Et_2S от кислотности среды имеет вид кривых с максимумом при pH $\approx 10 - 11$ (рис. 1).

Близкой альтернативой системе $\text{H}_2\text{O}_2 -$ борная кислота может быть система на основе натриевой соли пероксобората, $\text{Na}_2[\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ПБ).

Эффективность пероксоборатной и пероксокарбонатной систем может быть увеличена в условиях их совместного использования (рис 1). Зависимость констант скорости имеют колокообразный вид с максимумом при pH ≈ 10 , причем во всей области изменения кислотности (pH 6 – 13) значения констант скорости для системы ПБ – HCO_3^- выше, чем в отсутствие добавок бикарбоната.

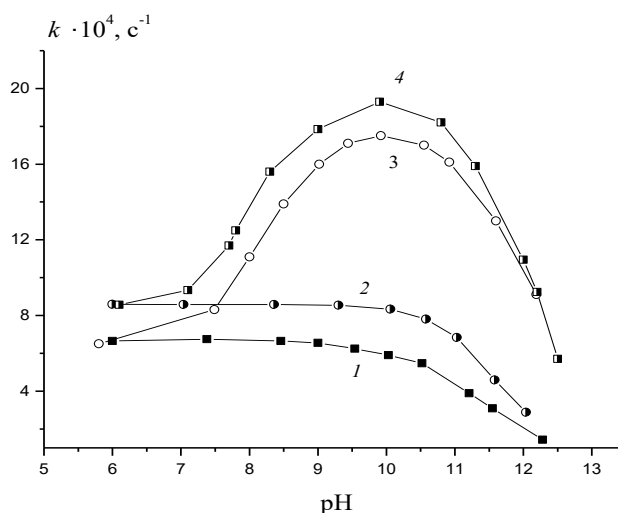


Рис1. pH-Зависимости констант скорости окисления Et_2S в системах: 1) H_2O_2 ; 2) H_2O_2 (0,03 моль/л) – NaHCO_3 (0,006 моль/л); 3) ПБ (0,015 моль/л); 4) ПБ (0,015 моль/л) – NaHCO_3 (0,006 моль/л); 25°C

При $\text{pH} > 10$ эффективным активатором пероксида водорода могут быть добавки ацетонитрила. Скорость убыли Et_2S в системе ацетонитрил – вода ($[\text{MeCN}] = 1$ об. %) почти в 15 раз превышает скорость окисления диэтилсульфида пероксидом водорода в воде (рис. 2, линии 1 и 3). Активирующее действие ацетонитрила связывают с образованием в щелочных средах активированной формы H_2O_2 (пероксиимидной кислоты $\text{MeC}(\text{O}_2\text{H})=\text{NH}_2$ или пероксиимидата $\text{MeC}(\text{O}_2\text{H})=\text{NH}^-$). При $\text{pH} 8 - 9$ скорость окисления в растворах $\text{H}_2\text{O} - \text{MeCN}$ слабо зависит от кислотности среды и близка к соответствующим значениям в воде.

Активирующее действие ацетонитрила может быть усилено за счет дополнительного введения добавок перексодобората. Скорость реакции Et_2S с ПБ в смеси $\text{H}_2\text{O} - \text{MeCN}$ (1 об. %) экспоненциально растет с уменьшением кислотности среды (рис. 2, линия 2) и при $\text{pH} = 11$ почти в 20 раз превышает скорость окисления диэтилсульфида перексодоборатом натрия в воде. В области $\text{pH} 8 - 9$ скорость окисления Et_2S перексодоборатом натрия в растворах $\text{H}_2\text{O} - \text{MeCN}$ слабо зависит от кислотности среды.

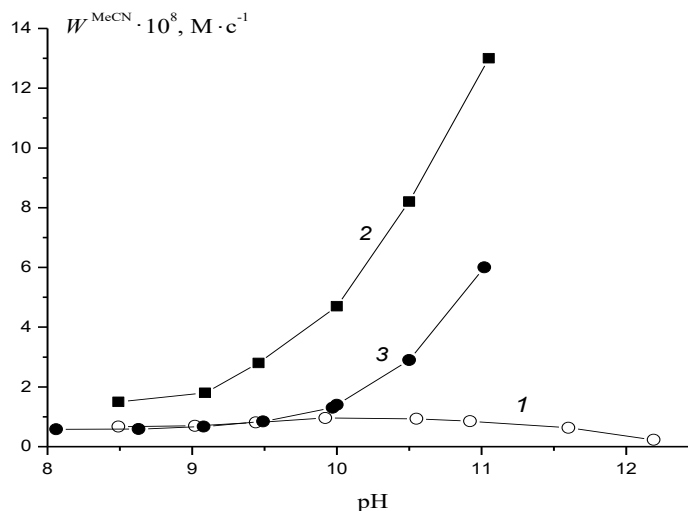


Рис.2. pH-Зависимости начальных скоростей окисления Et_2S при 25°C : 1 – окисление ПБ в водных растворах ($[\text{ПБ}] = 0,002 \text{ М}$); 2 – в системе $\text{H}_2\text{O} - \text{MeCN} - \text{ПБ}$ ($[\text{ПБ}] = 0,002 \text{ М}$; $[\text{MeCN}] = 0,19 \text{ М}$ (1 об. %)); 3 – в системе $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{MeCN} - \text{H}_2\text{O}$ ($[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,006 \text{ М}$; $[\text{MeCN}] = 0,19 \text{ М}$ (1 об. %))

Таким образом, кислоты при $\text{pH} < 1,5$ оказывают максимальное активирующее действие. Систему $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{NaHCO}_3$ целесообразно использовать в нейтральной и слабо щелочной средах. Системы ПБ – H_2O и ПБ – $\text{NaHCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ наиболее эффективны при $\text{pH} 10$, причем эффективность последней выше. При $\text{pH} > 10$ наиболее эффективны системы $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{MeCN} - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{MeCN} - \text{H}_2\text{O} - \text{ПБ}$, причем $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{MeCN} - \text{H}_2\text{O} < \text{MeCN} - \text{H}_2\text{O} - \text{ПБ}$.

Информация о финансовой поддержке. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FRES-2023-0005).

АКЦЕПТОРНОЕ ДОПИРОВАНИЕ ЦИНКОМ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО ПЕРОВСКИТА $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$

Бушueva А.В.,

Анимица И.Е., д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0002-0757-9241

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, РФ

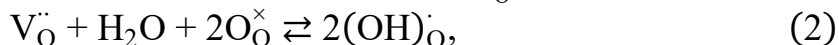
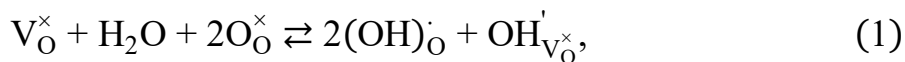
bushuevaaaaa@mail.ru, irina.animitsa@urfu.ru

Введение. Одной из актуальных материаловедческих задач является создание высокоэффективных электрохимических устройств, в том числе твердооксидных топливных элементов, применимых в водородной энергетике, и их компонентов, обладающих комплексом необходимых функциональных свойств.

Цель работы – установление закономерностей влияния акцепторного допирования гексагонального перовскита $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$ со структурой когерентного срастания на его физико-химические свойства.

Основная часть. Активное потребление углеводородов и вытекающие из этого проблемы с экологией, нацелили мировую энергетику на снижение углеродного следа. Например, одним из перспективных энергоносителей является водород, который способен заменить ископаемое топливо. В Российской Федерации реализуется энергетическая стратегия, в рамках которой до 2050 года должны быть предприняты такие меры, как создание и введение в эксплуатацию водородных энергосистем; увеличение объемов производства водорода; поднятие спроса внутри страны на водородные технологии [1]. Откуда следует, что создание высокоэффективных электрохимических устройств, применимых в водородной энергетике, актуальная задача ученых, в том числе материаловедов, на данный момент.

Например, в твердооксидном топливном элементе (ТОТЭ) ключевым компонентом является твердый электролит с протонной проводимостью. Наиболее перспективными материалами для электролитической мембраны ТОТЭ являются протон-проводящие оксидные системы с температурами эксплуатации 500–700 °С, так называемые высокотемпературные протонные проводники (ВТПП). ВТПП, в основном, представлены сложнооксидными системами на основе структуры перовскита. Уникально, что водород не является составной частью химической формулы сложного оксида, а внедряется в его структуру (за счет наличия вакансий, характерных для определенных структур ($V_{\text{O}}^{\times}$) или же образовавшихся в результате введения примесей ($V_{\text{O}}^{\bullet\bullet}$)) за счет равновесия с газовой фазой, содержащей пары воды/водорода; данные процессы можно описать квазихимическими реакциями 1, 2:



где $V_O^\times$, $V_O^\cdot$ – кислородные вакансии; $O_O^\times$ – атом кислорода в регулярной позиции; $(OH)_O^\cdot$ – гидроксильная группа на месте кислорода с эффективным положительным зарядом; $OH_{V_O^\times}^\cdot$ – гидроксильная группа на месте кислородной вакансии с эффективным отрицательным зарядом.

Но не все изученные материалы обладают необходимыми функциональными свойствами (супер-протонная проводимость; отсутствие взаимодействия с углекислым газом; механическая, химическая, термическая устойчивости и т. д.), из-за чего получение и исследование новых материалов – актуальная задача для материаловедов.

Протонный перенос был обнаружен в гексагональном перовските с блочно-слоевой структурой индате-алюминате бария $Ba_7In_6Al_2O_{19}$ (рис. 1) [2].

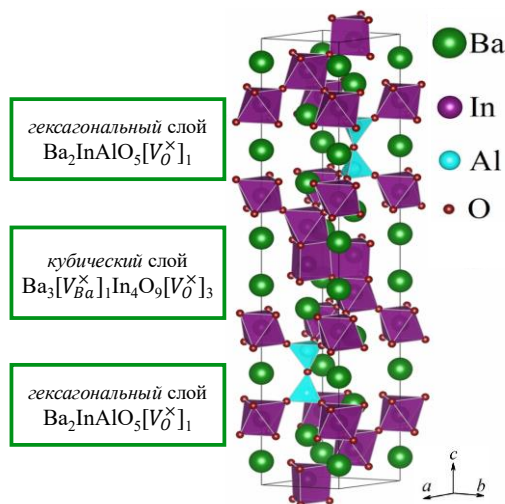
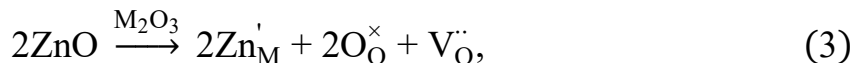


Рис. 1. Кристаллическая структура $Ba_7In_6Al_2O_{19}$

Возможна ли оптимизация функциональных свойств данного соединения за счет модифицирования состава – введения акцепторной примеси (допанта)?

В качестве допанта был выбран цинк по ряду причин: снижение температуры синтеза, увеличение кислородного дефицита $V_O^\cdot$ в соответствие с квазихимической реакцией 3, улучшение транспортных свойств, а также цинк является подходящим элементом для промышленного применения.



где $Zn_M^\cdot$ – катион Zn^{2+} на позиции M^{3+} (In^{3+} или Al^{3+}).

Методом твердофазного синтеза были получены образцы $Ba_7In_6Al_2O_{19}$, $Ba_7In_{5.9}Zn_{0.1}Al_2O_{18.95}$, $Ba_7In_6Al_{1.95}Zn_{0.05}O_{18.975}$, $Ba_7In_6Al_{1.9}Zn_{0.1}O_{18.95}$, при этом введение акцепторной примеси снизило температуру синтеза на 100° и улучшило спекаемость образцов. Фазы химически устойчивы в атмосфере углекислого газа при $600^\circ C$ (средняя

температура эксплуатации ТОТЭ). Степень водопоглощения Zn-замещенных фаз значительно выше, чем у матричного соединения $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$.

Для образца $\text{Ba}_7\text{In}_{5.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Al}_2\text{O}_{18.95}$ было установлено увеличение протонной проводимости относительно матричного соединения, а вот для фаз $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_{1.95}\text{Zn}_{0.05}\text{O}_{18.975}$, $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_{1.9}\text{Zn}_{0.1}\text{O}_{18.95}$ протонная проводимость уменьшилась из-за эффекта захвата заряженным акцепторным дефектом Zn'_{Al} носителей заряда. Экспериментальные данные электрических свойств исследуемых фаз представлены на рисунке 2.

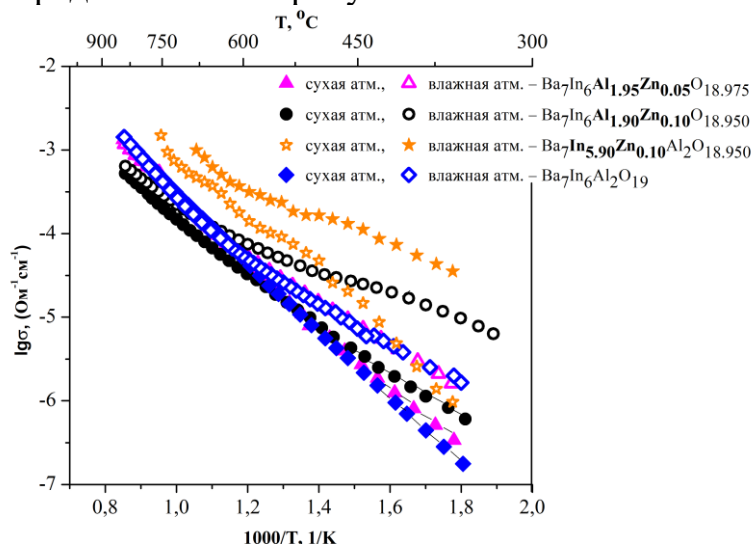


Рис. 2. Сравнение температурных зависимостей электропроводности фаз $\text{Ba}_7\text{In}_{5.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Al}_2\text{O}_{18.95}$, $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_{2-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19-0.5x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) в сухом [закрытые символы], во влажном [открытые символы] воздухе

Заключение. Закономерности, полученные в данной работе, – основа дальнейших исследований материаловедов при поиске эффективных материалов электролитических мембран ТОТЭ, применимых в водородной энергетике.

Информация о финансовой поддержке: Данная работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда и Правительства Свердловской области (грант № 24-13-20026).

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р. – М.: Правительство Российской Федерации, 2025. – URL: <http://government.ru/docs/54754/> (дата обращения 06.09.2025).
2. Andreev R. D., Animitsa I. E. Transport properties of intergrowth structures $\text{Ba}_5\text{In}_2\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ and $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$ // Applied Sciences. – 2023. – V. 13. – P. 39–78. – DOI 10.3390/app13063978

ВЛИЯНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МОДИФИКАТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ

Заболотный А.А.¹, ORCID 0009-0000-1294-0890,

Труш Е.Н.², ORCID 0009-0007-5545-9328,

Чалая А.В.², ORCID 0009-0009-4369-910X,

Крюк Т.В.², канд. хим. наук, ORCID 0000-0002-8538-5856,

Тер-Оганесян Н.В.¹, д-р физ.-мат. наук, ORCID 0000-0001-8965-1800

¹ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ

²ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии

им. Л. М. Литвиненко», г. Донецк, РФ

trush.chem@gmail.com

Введение. Полимерные композиты на основе полисахаридов представляют собой функциональные материалы с широким спектром приложений. В последние годы они находят применение как упаковочный материал для пищевых продуктов [1–2], который также может проявлять антимикробную активность [3].

Такие биополимеры обладают рядом преимуществ, таких как биоразлагаемость, легкодоступность, возобновляемость сырья и возможность модификации, однако часто уступают синтетическим аналогам по ряду эксплуатационных характеристик, в значительной степени определяемых их надмолекулярной структурой. Именно упорядоченное расположение макромолекул в объеме полимера, определяющее соотношение кристаллических и аморфных областей, непосредственно влияет на механическую прочность, термостабильность и барьерные свойства материала. Целенаправленное управление процессом формирования этой структуры в полисахаридных композитах представляет собой актуальную научную проблему.

Наиболее эффективным и технологичным методом модификации структуры и свойств полимеров является введение неорганических добавок, которые могут выступать в роли антиокислительных и армирующих компонентов, пластификаторов или наполнителей, существенно влияя на процессы формирования и конечную морфологию материала.

Цель работы – исследование влияния природы и концентрации неорганических модификаторов на процесс формирования и характеристики надмолекулярной структуры полимерных композитов на основе полисахаридов.

Основная часть. *Эксперименты и методы.* В качестве объектов исследования были выбраны пленки на основе тройной полимерной системы, включающей растворимый крахмал, карбоксиметилцеллюлозу и

поливиниловый спирт. В роли неорганических модификаторов использовали ZrO_2 (99.99%) и TiO_2 (99.99%) в количестве 0.5, 1.5, 2.5, 3 и 5 масс. %. Внесение модифицирующих добавок происходило на этапе синтеза с применением ультразвукового диспергирования.

Исследование надмолекулярной структуры композитов проводили методом дифракции рентгеновского излучения с тонкопленочного образца, закрепленного в кварцевой кювете специализированным рентгенаморфным пластилином, для исключения вклада паразитных отражений. Данные дифракций были собраны с использованием дифрактометра ДРОН-3М с электронным управлением, с установленным Fe-фильтром $\text{Co K}\alpha$ излучения путем сканирования образца в диапазоне углов $20^\circ \leq 2\theta \leq 80^\circ$ с шагом 0.03° и выдержкой в каждой точке 3 с.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 показаны дифрактограммы тонких пленок полимерных композитов с модификатором TiO_2 и ZrO_2 .

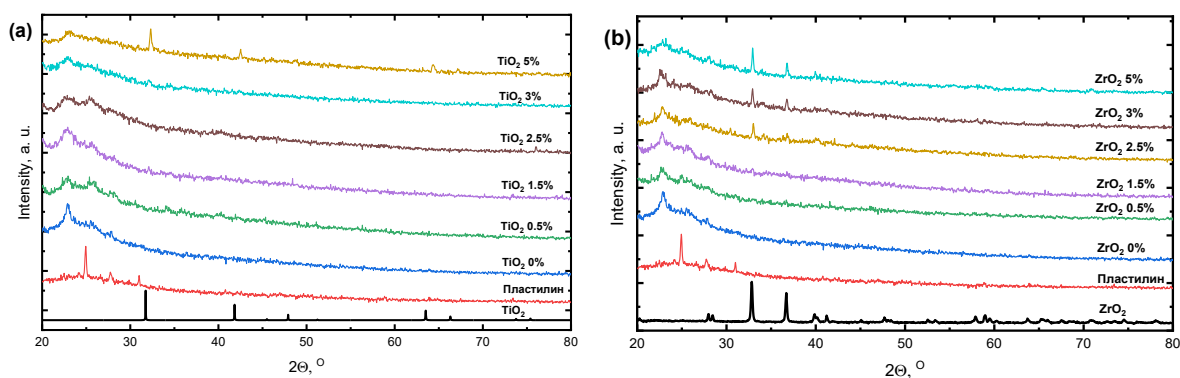


Рис. 1. Надмолекулярная структура композитных пленок при различном содержании модификатора TiO_2 (a) и ZrO_2 (b)

Установлено, что при нулевом содержании неорганического модификатора рентгенограмма образца полностью соответствует фазе растворимого крахмала [4] с достаточно высокой степенью кристалличности, выраженной в формировании характерного рефлекса при Брэгговском угле $2\theta = 22.88^\circ$. При введении TiO_2 уже при 0.5 масс. % наблюдается значительное снижение интенсивности рефлекса, что свидетельствует об уменьшении степени кристалличности [5]. Данный эффект усиливается с увеличением концентрации модифицирующей добавки и уже при 3 масс. % TiO_2 наблюдается значительное снижение индекса кристалличности основной фазы (крахмал), что указывает на разрушение упорядоченного расположения макромолекул в объеме полимерной композиции. Следует также отметить, что рефлексы фазы добавки со структурой рутила [6] появляются только при содержании TiO_2 5 масс. %.

Как и в случае оксида титана введение на этапе синтеза оксида циркония приводит к уменьшению степени кристалличности уже при

0.5 масс. %, однако дальнейшее увеличение концентрации модифицирующей добавки до 3 масс. % не приводит к изменению интенсивности и формы рефлекса кристаллической фазы. При 5 масс. % наблюдается уширение рефлекса и формируется аморфное гало. Рефлексы модифицирующей добавки ZrO_2 фиксируются уже при 2.5 масс. % в отличие от TiO_2 . Такие различия вероятно связаны с более легким, по сравнению с TiO_2 , формированием кластеров ZrO_2 в полимерной матрице, которые можно зафиксировать с помощью рентгеновской дифракции.

Заключение. Таким образом, введение модифицирующей неорганической добавки в состав полимерного композита приводит к уменьшению степени кристалличности, что сопровождается нарушением упорядоченного расположения макромолекул в объеме. Оптимальным количеством TiO_2 , который не приводит к формированию кластеров, а также к сильному изменению надмолекулярной структуры составляет 2.5 масс. %. Для диоксида циркония формирование кластера протекает проще, что приводит к тому, что формирование аморфного гало происходит уже при 1.5 масс. %.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект FRES-2024-0001).

Список литературы

1. Kryuk T. V. et al. Optimization of the composition of polysaccharide-based composite films as a potential food packaging material // Food system. – 2025. – Vol. 8. – №. 2. – P. 189-195. DOI 10.21323/2618-9771-2025-8-2-189-195
2. Cazón P. et al. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review // Food hydrocolloids. – 2017. – Vol. 68. – P. 136-148. DOI 10.1016/j.foodhyd.2016.09.009
3. Sánchez-González L. et al. Antimicrobial activity of polysaccharide films containing essential oils // Food control. – 2011. – Vol. 22. – №. 8. – P. 1302-1310. DOI 10.1016/j.foodcont.2011.02.004
4. Bertuzzi M. A., Armada M., Gottifredi J. C. Physicochemical characterization of starch based films // Journal of Food Engineering. – 2007. – Vol. 82. – №. 1. – P. 17-25. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2006.12.016
5. Lopez-Rubio A. et al. A novel approach for calculating starch crystallinity and its correlation with double helix content: A combined XRD and NMR study // Biopolymers. – 2008. – Vol. 89, № 9. – P. 761-768. DOI 10.1002/bip.21005
6. Okrusch M. et al. Intergrown niobian rutile phases with Sc-and W-rich ferrocolumbite: An electron-microprobe and Rietveld study // American Mineralogist. – 2003. – Vol. 88. – №. 7. – P. 986-995. DOI 10.2138/am-2003-0706

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ МЕХАНИЗМОВ УДЕРЖИВАНИЯ В ОФ ВЭЖХ

Капитонов А.В., ORCID 0009-0008-9346-9479,
Курбатова С.В., д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0002-5374-3436
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева», г. Самара, РФ
alex_kapitonov90@mail.ru, curbatsv@gmail.com

Введение. Проблема установления механизмов сорбции в обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ) остаётся актуальной в связи со сложностью и многообразием процессов, протекающих в хроматографической колонке [1]. Эти процессы обусловлены, главным образом, межмолекулярными взаимодействиями (ММВ) сорбатом с поверхностью сорбента и молекулами элюента, а также взаимодействиями элюента с неподвижной фазой. Таким образом, характер удерживания определяется не только природой сорбента, но и составом подвижной фазы: её полярные компоненты могут участвовать в дисперсионных, ориентационных и индукционных взаимодействиях, а также образовывать водородные связи с молекулами сорбатов, что влияет на их пространственную ориентацию и, в конечном счете, на реализацию того или иного механизма удерживания. Кроме того, при использовании сорбентов с плоской однородной поверхностью особую роль начинает играть топология молекул сорбатов. В связи с этим важное значение приобретает установление взаимосвязей между параметрами удерживания, структурой анализируемых веществ, характеристиками поверхности сорбента и свойствами элюента. Такой подход позволяет, с одной стороны, глубже понять сущность механизмов сорбции компонентов сложных смесей, и, с другой стороны, прогнозировать удерживание молекул с известной или предполагаемой структурой и, таким образом, оптимизировать процессы разделения компонентов сложных смесей.

Цель настоящей работы – сравнительный анализ механизмов удерживания производных хинолина в условиях обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием топологических индексов (индексов связанности, ИС) при сорбции этих веществ на октадецилсиликагеле (ОДС) и сверхсшитом полистироле (ССПС).

Основная часть. В качестве объектов исследования были выбраны производные хинолина, содержащими в положениях 2 и 6 хинолинового кольца функциональные группы и заместители различной химической природы. Элюирование проводили в изократическом режиме. В качестве подвижной фазы использовали смесь «ацетонитрил – вода» с объемным

содержанием ацетонитрила от 50 % до 80 %. Полную оптимизацию геометрии молекул проводили с использованием программы HyperChem 8.0 методом RM3 [2]. Вычисление ИС сорбатов проводили по известным формулам [3].

С точки зрения участия в межмолекулярных взаимодействиях, хинолиновое ядро обладает высокой специфичностью благодаря наличию неподеленной электронной пары атома азота, не вовлечённой в π -систему. В условиях ОФ ВЭЖХ удерживание производных хинолина, а следовательно, и реализуемый механизм сорбции, определяется как природой и положением заместителей в хинолиновом фрагменте, так и их конкурентным взаимодействием с поверхностью сорбента и молекулами полярного элюента. Заместители существенно влияют на перераспределение электронной плотности в молекуле, что напрямую отражается на характеристиках удерживания и типе преобладающих межмолекулярных взаимодействий.

Для установления механизма сорбции было исследовано влияние топологического фактора на удерживание производных хинолина, поскольку ряд ИС адекватно отражает размерные характеристики молекул производных хинолина, которые, в свою очередь, характеризуют их склонность к дисперсионным взаимодействиям с поверхностью сорбента. Именно эта зависимость определяет применимость данных индексов для описания хроматографического поведения указанных соединений.

Анализ зависимости фактора удерживания производных хинолина на двух сорбентах от состава элюента показал существенное влияние природы сорбента на механизм удерживания. При этом для сорбции на ОДС при 50 % ацетонитрила коэффициенты детерминации R^2 варьируют от 0.88 до 0.91 для ИС χ_0 – χ_5 , в то время как на ССПС в тех же условиях значения R^2 значительно ниже - от 0.43 до 0.55, что свидетельствует о практическом отсутствии линейной корреляции. При возрастании доли ацетонитрила в элюенте значения R^2 на ОДС сохраняются на высоком уровне (свыше 0.85), в то время как для ССПС они не превышают 0.50. Очевидно, что такие существенные различия в величинах коэффициента детерминации связаны с различным типом межмолекулярных взаимодействий, реализуемых на этих сорбентах. Незначительное влияние состава элюента на характер корреляций при удерживании на ОДС, вероятно, связано с реализацией распределительного механизма удерживания, поскольку сравнительно близкая топология молекул исследованных соединений позволяет им проникать в «щелку» привитых октадецильных радикалов примерно одинаковым образом вне зависимости от концентрации органического компонента. Влияние топологии аналитов на удерживание на ССПС, предположительно, нивелируется конкурентными взаимодействиями с полярным элюентом, ориентирующими молекулы сорбатов определенным образом относительно поверхности сорбента, а также реализацией

специфических π -взаимодействий молекул сорбатов с поверхностью сорбента, дополнительных к дисперсионным. ИС не способны учесть влияния данных факторов на сорбционный процесс и, следовательно, величины фактора удерживания на ССПС оказываются более существенно зависящими от состава элюента, так же, как и уровень соответствующих корреляций с индексами связанности [4].

Заключение. Таким образом, использование топологического подхода и полученные корреляционные зависимости позволяют установить, что наибольшее влияние топологии сказывается при реализации сорбционного механизма удерживания на октадецилсиликагеле, в то время как на сверхсшитом полистироле влияние топологии оказывается менее существенным. В то же время полученные нами данные свидетельствуют об ограничениях данного подхода, связанного с влиянием активной роли элюента в удерживании. Для получения сорбционно-структурных корреляций с прогностическими целями можно рекомендовать к использованию данные по удерживанию этих веществ при минимальной концентрации органического компонента в элюенте.

Список литературы

1. Snyder L. R., Kirkland J. J., Dolan J. W. Introduction to Modern Liquid Chromatography / L.R. Snyder, J.J. Kirkland, J.W. Dolan – Hoboken, NJ: Wiley, 2009. – 912 p. – ISBN:978-0-470-16754-0.
2. Hyperchem Professional 8.0, Hypercube, Inc., Gainesville, 2007.
3. Курбатова, С.В. Топологические индексы в химических расчетах: учебное пособие / С.В. Курбатова, Е.А. Колосова, Е.Е. Финкельштейн. – Самара : Изд-во «Самарский университет», 2014. – 32 с.
4. Джабиева, С. А. Влияние топологии молекул производных бензотриазола на их хроматографическое удерживание в условиях ОФ ВЭЖХ / С. А. Джабиева, С. В. Курбатова, Е. А. Колосова // Журнал структурной химии. – 2017. – Т. 58, № 3. – С. 480-489. – DOI 10.15372/JSC20170305. – EDN YSEQCP.

ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА КАК СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ ПЕКА СВЯЗУЮЩЕГО

Ковалев Р.Ю., канд. физ.-мат. наук, ORCID 0009-0001-7776-7440,
Никитин А.П., канд. физ.-мат. наук, ORCID 0000-0003-2187-2281
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН»,
г. Кемерово, РФ
kovaleviuhm@yandex.ru

Введение. В работе представлены результаты исследования низкотемпературного термоокисления (до 300 °С) каменноугольных пеков. Данный метод представляет значительный практический интерес, поскольку позволяет снизить содержание канцерогенного бенз[а]пирена в пеке [1, 2], что обуславливает необходимость его детального изучения как перспективного способа модификации каменноугольного пека.

Цель – установление параметров низкотемпературного термоокисления, направленного на повышение вяжущих характеристик каменноугольных пеков.

Основная часть. Исходным материалом служил электродный пек марки В (АО «Алтай-кокс», г. Заринск) с температурой размягчения $T_p = 91$ °С и фракционным составом: $\alpha = 34,3$ %, $\alpha_2 = 26,8$ %, $\alpha_1 = 7,5$ %. Суммарное содержание вяжущих фракций ($\beta + \alpha_2$) составляло 63,8 %. Термоокислительную обработку проводили в реакторе объемом 5,6 л при температуре 260 °С. Подача воздуха осуществлялась со скоростью 40 л/ч через систему трубок диаметром 3 мм [3, 4]. В результате были получены модифицированные пеки, обозначенные как ВТО₁ и ВТО₂, температура размягчения которых соответствовала требованиям ГОСТ 10200-2017 для электродных пеков марки В1 (Таблица 1).

Таблица 1

Параметры электродных пеков марки В1, полученные методом термоокисления

Показатель	Образец		
	Исходный пек В	ВТО ₁	ВТО ₂
Максимальная температура процесса термообработки, °С	–	275	300
Длительность термической обработки, мин	–	20	10
Температура размягчения, °С	91	94	93
Содержание α_1 -фракции, %	7,5	7,5	7,5
Содержание ($\beta + \alpha_2$)-фракций, %	63,8	67,1	69,4

Установлено, что низкотемпературное термоокисление позволяет повысить температуру размягчения электродных пеков. Как видно из таблицы 1, для пеков ВТО₁ и ВТО₂, содержание α_1 -фракции идентично исходному пеку, а суммарное содержание $\beta + \alpha_2$ -фракций увеличивается. При увеличении времени обработки до 30 минут был получен пек с $T_p = 101$ °С. При этом содержание α_1 -фракции оставалось неизменным (7,5 %), а доля вязущих фракций ($\beta + \alpha_2$) возрастала до 69,5 % [4].

Вторая серия экспериментов была направлена на получение связующих пеков с повышенной T_p . Исследования проводили в реакторе объемом 4 л с использованием двух видов сырья: электродного пека марки В и низкотемпературного пека (ЕЗП, $T_p = 59$ °С, $\alpha = 30,0$ %, $\alpha_2 = 20,0$ %, $\alpha_1 = 10,0$ %), полученного на установке АРН Лаб 03 из смолы АО «Евраз 3СМК» (г. Новокузнецк) [5]. Для пека марки В воздух подавали в глубину объема образца [6], а для пека ЕЗП применяли режим термоокисления в тонком слое [7]. Продукты термоокисления обозначены как В_т и ЕЗПО соответственно (Таблица 2).

Таблица 2

Параметры термоокисления пеков, и характеристики полученных продуктов

Показатель	Образец			
	Воздух подавался в глубину		Термоокисление в тонком слое	
	Исходный пек В	В _т	Исходный пек ЕЗП	ЕЗПО
Время обработки, мин.	–	90	–	30
Скорость расхода воздуха, л/час	–	40	–	120
Скорость расхода воздуха на единицу массы, л/кг*час	–	160	–	2400
Максимальная температура процесса, °С	–	300	–	300
Температура размягчения, °С	91	112	59	110
Содержание α -фракции, %	34,3	41,5	30,0	45,5
Содержание α_2 -фракции, %	26,8	34,0	20,0	26,0
Содержание α_1 -фракции, %	7,5	7,5	10,0	19,5
Выход пека, %	–	93,7	–	87,0

Как видно из Таблицы 2, термоокисление приводит к увеличению доли вязущей α_2 -фракции на 6,2 % для пека В_т и на 6,0 % для пека ЕЗПО. Ключевым отличием является поведение α_1 -фракции: при окислении в тонком слое (ЕЗПО) ее содержание возрастает, тогда как при обработке с подачей воздуха в глубину объема образца (В_т) изменений не наблюдалось. Также подтверждено, что термоокисление в тонком слое способствует повышению коксующих свойств пеков [7].

Заключение. В ходе работы отработана методика получения связующих пеков для углеродных материалов методом низкотемпературного термоокисления. Показано, что варьирование режимов обработки (подача воздуха в объем или окисление в тонком слое) позволяет целенаправленно изменять фракционный состав и физико-химические свойства конечного продукта. Данный метод является перспективным для получения связующих пеков с улучшенными вяжущими характеристиками и потенциально более низкой канцерогенной активностью.

Информация о финансовой поддержке: *Исследования проводились в рамках государственного задания (№124041100047-4).*

Список литературы

1. Сухорукова, Е. А. О возможности снижения содержания 3,4-бензпирена в каменноугольных пеках / Е. А. Сухорукова, Г. Д. Харлампович, Т. В. Слышкина // Кокс и химия. – 1984. – № 7. – С. 36-38. – EDN SAYOOX.
2. Сидоров, О. Ф. Канцерогенная активность каменноугольных пеков в зависимости от технологии их получения / О. Ф. Сидоров // Кокс и химия. – 2006. – № 6. – С. 36-39. – EDN HVFXFD.
3. Kovalev, R. Yu. Thermal Oxidation of Electrode Coal Pitch / R. Yu. Kovalev, O. M. Gavriljuk, A. P. Nikitin, Z. R. Ismagilov // Coke and Chemistry. – 2023. – Vol. 66, No. 7. – P. 351-354. – DOI 10.3103/S1068364X23700941. – EDN XFMWKY.
4. Ковалев, Р. Ю. Исследование свойств продуктов низкотемпературного термоокисления электродного каменноугольного пека / Р. Ю. Ковалев, А. П. Никитин // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2024. – Т. 15, № 1. – С. 221-227. – DOI 10.37614/2949-1215.2024.15.1.035. – EDN IOBWDE.
5. Ковалев, Р. Ю. Сравнительный анализ фракционного состава пеков, полученных из каменноугольной смолы в зависимости от технологии получения / Р. Ю. Ковалев // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2024. – № 4(58). – С. 147-158. – DOI 10.26456/vtchem2024.4.15. – EDN JRBGYV.
6. Ковалев, Р. Ю. Влияние термоокисления электродного пека на изменения его состава и свойств / Р. Ю. Ковалев // От химии к технологии шаг за шагом. – 2025. – Т. 6, № 1. – С. 55-64. – DOI 10.52957/2782-1900-2025-6-1-55-64. – EDN FCJQHL.
7. Ковалев, Р. Ю. Исследование низкотемпературного термоокисления в тонком слое каменноугольных пеков / Р. Ю. Ковалев, А. П. Никитин // Кокс и химия. – 2025. – № 6. – С. 45-52. – DOI 10.52351/00232815_2025_6_45. – EDN NFGTAY.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ АКТИВИРОВАННЫМ АНТРАЦИТОМ И ОКСАЛАТОМ МОЧЕВИНЫ

Лозинский Н.С., канд. техн. наук, ORCID 0000-0001-6119-6359,

Мороз Я.А., канд. хим. наук, ORCID 0000-0002-7312-2653,

Зеленский М.Ю., Лозинский Е.Н.

ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии

имени Л. М. Литвиненко», г. Донецк, РФ

lozinsky58@mail.ru

Введение. Антрацит является природным сорбентом и поэтому с успехом применяется в системах водоочистки [1]. Однако современные требования к ее эффективности направляют усилия разработчиков на путь повышения сорбционной активности природного фильтрующего материала. Первый шаг в этом направлении – активация, когда антрацит подвергают температурной и химической обработке для создания на поверхности его зерен активных функциональных групп и увеличения удельной поверхности адсорбента и его пористости [2, 3]. Следующим шагом в этом направлении – создание легированного азотом активированного антрацита, для чего последний подвергают взаимодействию с азотирующими агентами, например, мочевиной, меламином, роданистыми аммонием, калием или натрием, азотной кислотой или аммиаком [4].

Целью данной работы является исследование взаимодействия между активированным антрацитом и оксалатом мочевины для апробации последнего в качестве азотирующего агента.

Основная часть. Образец активированного антрацита (АА) получен активацией водяным паром, при 900 °С в течение 3 часов на лабораторной установке, антрацита фракции 0,63–1,0 мм ГП «Торезантрацит» шахты «Шахтерская-Глубокая» (г. Шахтерск, пласт h8, класс П) [2]. Оксалат мочевины (ОМ) синтезирован по методике [5]. Образцы для исследования получены перетиранием в агатовой ступке в течение 10 мин АА и ОМ, взятых в отношении 1:1 по массе. Термообработку образцов, при температурах 350, 600 и 800°С, осуществляли в лабораторной установке получения АА, но вместо водяного пара подавался газообразный азот [2]. Время выдержки при соответствующей максимальной температуре составляло 2 ч.

На рис. 1 отобразено термическое поведение АА, ОМ и их эквимассовой смеси по данным дифференциально-термического анализатора Термоскан-2 (ООО «Аналитприбор», Россия).

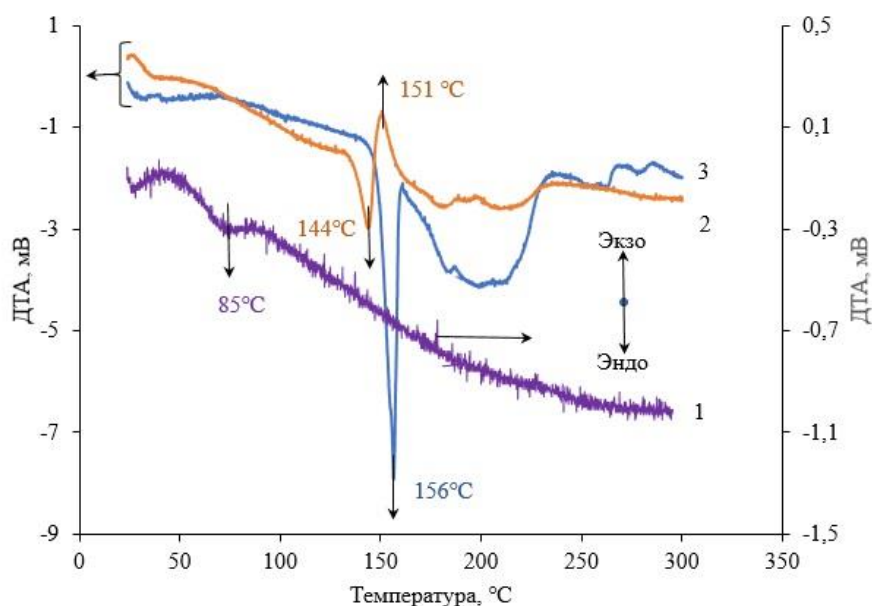


Рис. 1. Кривые дифференциального термического анализа образцов:
1 – АА, 2 – ОМ, 3 – АА+ОМ = 1:1 (масс.)

На кривой ДТА АА присутствует один эндоэффект при 85°C, связанный, по-видимому, с процессом удаления адсорбированной воды (рис. 1, кривая 1). Наличие семи эндоэффектов на кривой дифференциального термического анализа (ДТА) ОМ при температурах, °C: 156, 185, 201, 213, 256, 263 и 279 свидетельствует о сложности процессов, сопровождающих нагрев образца: плавление, разложение и взаимодействия выделяемых газообразных продуктов с ОМ и твердыми продуктами ее разложения (рис. 1, кривая 3). При этом реперные точки близки к описанным в литературе. Кривая ДТА эквимассовой смеси ОМ и АА (рис. 1, кривая 2) отличается от кривых исходных компонентов: по отношению к кривой 3, экстремумы эндоэффектов смещены в более низкую область температур, что может быть обусловлено инициацией процессов, протекающих в ОМ при контакте с частицами АА.

ИК спектры прокаленных образцов, полученные в таблетках KBr на инфракрасном спектрометре Vertex 70. «Bruker Optik GmbH» в диапазоне волновых чисел 400–4000 см⁻¹, показаны на рис. 2, из которых следует, что на спектрах отсутствуют полосы поглощения, см⁻¹: 3448, 1702, 1341, 1245, 1519, 1182, 1083, 1022, 779, 550, характерные для оксалата мочевины. Кроме того, на ИК-спектрах в диапазоне полос поглощения (п.п.), см⁻¹: 3500–3200 и 1556–1556 появились п.п., относящиеся к валентным колебаниям амино- $\{v(NH_2)\}$ и имино-групп $\{v(NH)\}$; 2344–2359 – протонированных аминов; 2240–1280 и 830–630 – CN-групп. Это свидетельствует о модифицировании АА азотом.

Заключение. Оксалат мочевины взаимодействует с активированным антрацитом в диапазоне температур 140–800°C с образованием азотсодержащих групп на поверхности активированного антрацита.

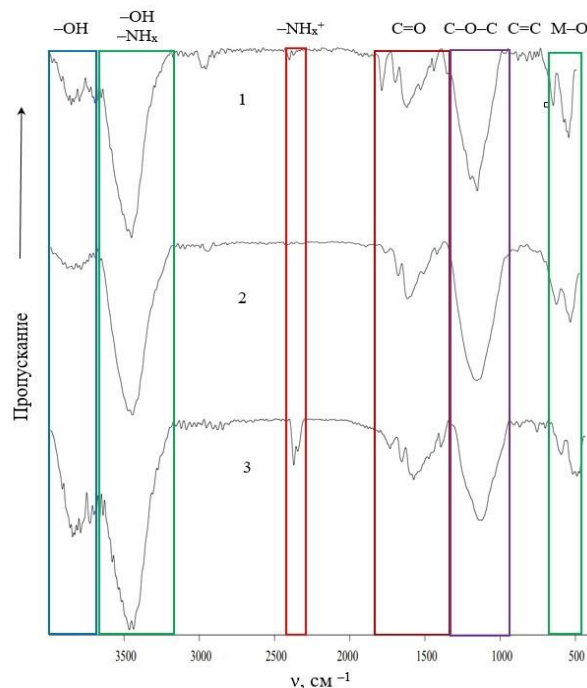


Рис. 2. ИК-спектры образцов **АА–ОМ**, прокаленных при различных температурах, °С: 1 – 350, 2 – 600, 3 – 800.

Информация о финансовой поддержке: *Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации FRES-2023-0006).*

Список литературы

1. Передерий, М.А. Сорбенты и фильтранты из антрацита/ М.А. Передерий, Ю.И. Кураков, Н.П. Коновалов, П. Н. Коновалов // *Химия твердого топлива*. – 2019. – № 6. – С. 19–28. DOI: 10.1134/S0023117719060082.
2. Кравченко, В.В. Углеродные сорбенты из антрацита Донецкого региона/ В.В. Кравченко, Н.В. Алемасова, М.В. Савоськин, В.В. Бурховецкий, И.К. Носолев // *Вестник Тверского государственного университета. Серия «Химия»*. – 2022. – № 3 (49). – С. 106–119. DOI 10.26456/vtchem2022.3.13.
3. Попова, А.А. Исследование процесса высокотемпературной щелочной активации углеродного материала с дополнительным воздействием водяным паром/ А.А. Попова, И.Н. Шубин // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 476–486. DOI: 10.17277/vestnik.2022.03.pp.476-486.
4. Wang, Q. Conversion of coal into N-doped porous carbon for high-performance SO₂ adsorption/ Q. Wang, L. Han, Yu. Wang, Zh. He, Q. Meng, Sh. Wang, P. Xiao, X. Jia // *RSC Adv.* – 2022. – V. 12. – P. 20640–20648. DOI: 10.1039/d2ra03098e.
5. Истомин, А.М. Разработка комплексного катализатора для ускорения отверждения карбамидомеламинаформальдегидной смолы/ А.М. Истомин, Е.С. Бакунин, А.В. Рухов, В.И. Истомина, И.А. Жабкина, М.С. Гончарова // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2024. – Т. 30, № 1. – С. 130–138. DOI: 10.17277/vestnik.2024.01.pp.130-138.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЭМУЛЬСИЙ

Рогатко М.И., ORCID 0009-0005-1764-9193,

Хилько С.Л., канд. хим. наук, ORCID 0009-0000-0213-6487

ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко»,

г. Донецк, РФ

marina.roгатко@gmail.com

Введение. Гуминовые кислоты (ГК) представляют собой природные макромолекулярные соединения, в структуре которых сочетаются многочисленные гидрофильные кислородсодержащие функциональные группы (включая карбоксильные, фенольные и гидроксильные) с гидрофобными алифатическими и ароматическими фрагментами. Такой структурный дуализм придаёт ГК амфифильные свойства, благодаря которым они способны проявлять поверхностную активность на границах раздела фаз [1]. Благодаря выраженной способности к снижению поверхностного натяжения на межфазных границах, гуминовые кислоты и их производные могут эффективно работать в качестве стабилизирующих агентов в различных дисперсных системах, включая эмульсии, суспензии, пены и коллоидные растворы [2, 3].

Цель работы заключалась в получении модифицированных этоксилированных производных ГК механохимическим способом, исследовании их поверхностно-активных свойств и оценке их способности стабилизировать эмульсии.

Основная часть. Для проведения твердофазных реакций использовали сухие гуминовые кислоты и полиэтиленгликоль (ПЭГ-6000). Твердофазное механохимическое этоксилирование ГК осуществляли в вибрационном аппарате 75Т ДрМ (Теплогорский завод гидрооборудования, Луганск) при частоте вибрации $\nu = 50$ Гц и амплитуде $A = 3,0-5,0$ мм в течение 5 минут.

Для измерения поверхностного натяжения (γ , мН/м) водных растворов солей ГК в зависимости от концентрации использовали метод формы висячей капли, дилатационные реологические характеристики измеряли методом осциллирующей висячей капли на приборе РАТ-2Р (SINTERFACE Technologies, Germany).

Эмульсии готовили следующим образом. Масляную фазу (М) в исследуемой системе представляли *n*-октан и толуол – органические растворители с различной степенью полярности и ароматичности. В качестве водной фазы (В) выступали растворы натриевых солей исходных ГК, экстрагированные из бурого угля при температуре 100 °С (ГН₁₀₀) и

натриевые соли этоксилированных гуминовых кислот (ГН_{ГК100+ПЭГ-6000}), полученные твердофазным механохимическим способом. Соотношение жидких фаз составляло М : В = 1 : 1, концентрацию солей ГК варьировали от 0,1 до 0,8 %. Получение эмульсий осуществляли путем механического перемешивания в течение 10 минут при помощи лопастной мешалки, со скоростью вращения ротора 3000 об/мин. Полученные эмульсии выдерживали в мерных пробирках с притертыми пробками в течение суток. Способность к образованию устойчивых эмульсий характеризовали величиной отношения объема образованной эмульсии ($V_{\text{эм}}$, мл) к общему объему двух смешиваемых жидкостей (масла и воды, $V_{\text{М+В}}$, мл), выраженной в процентах:

$$A = \frac{V_{\text{эм}}}{V_{\text{М+В}}} \cdot 100, \%$$

Соли этоксилированных ГК обладают более выраженными поверхностно-активными свойствами, что выражается в лучшей способности снижать поверхностное натяжение относительно исходных ГК (рис. 1), а также более высоким модулем упругости, что характеризует поверхностные пленки как более прочные.

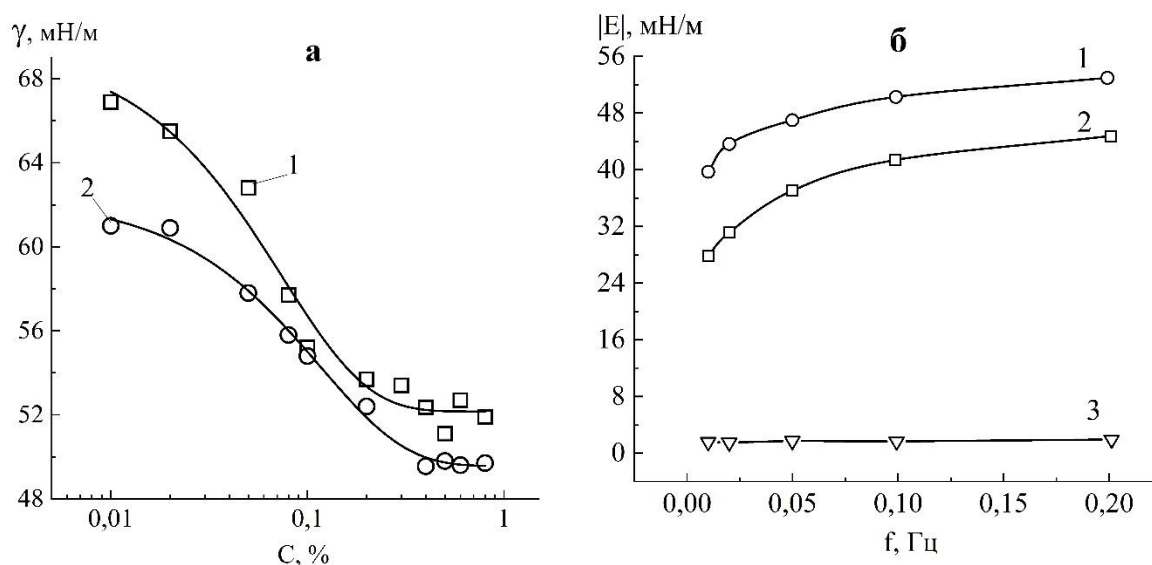


Рис. 1. Поверхностные и реологические характеристики натриевых солей ГК:

а – изотермы поверхностного натяжения: 1 – ГН₁₀₀; 2 – ГН_{ГК100+ПЭГ-6000};

б – изменение величин модуля вязкоупругости от частоты осцилляции капли:

1 – ГН_{ГК100+ПЭГ-6000}; 2 – ГН₁₀₀; 3 – ПЭГ. Концентрация растворов 0.1 %.

Как следует из данных, приведенных на рисунке 2а, с ростом концентрации растворов ГН₁₀₀ устойчивость эмульсий возрастает. Устойчивость эмульсий толуол + ГН₁₀₀ значительно выше по сравнению с эмульсиями октан + ГН₁₀₀. Очевидно, это может быть связано с выраженной ароматической составляющей солей гуминовых кислот. Эмульсии на основе

ГН_{ГК100+ПЭГ-6000} (рис. 2б) обладают практически вдвое большей устойчивостью как для систем с толуолом, так и для систем с октаном, что делает этоксилированные гуминовые кислоты перспективным компонентом для стабилизации эмульсий.

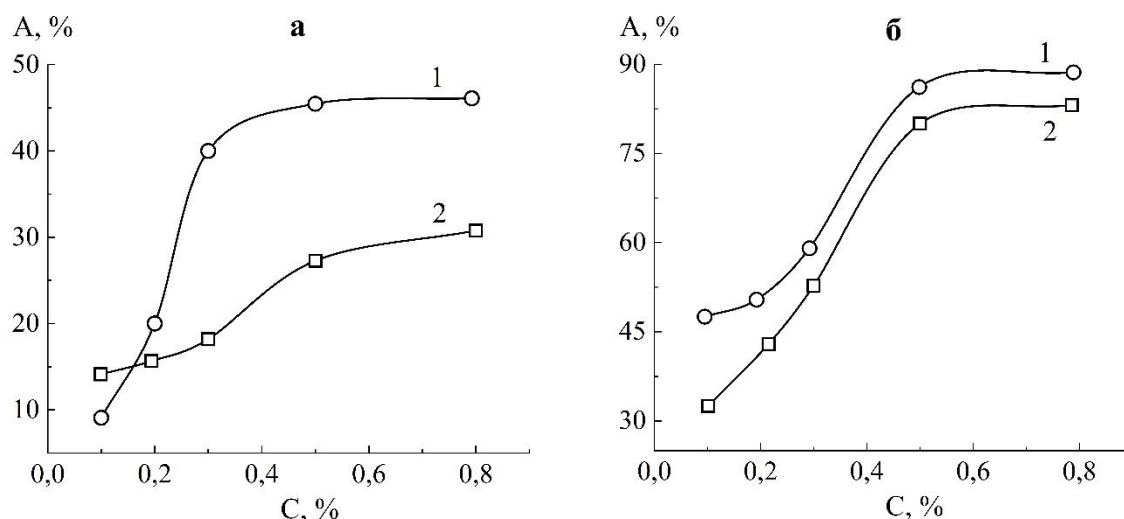


Рис. 2. Устойчивость эмульсий в зависимости от концентраций растворов гуминовых веществ: а) ГН₁₀₀ в системах - толуол+вода (1), октан+вода (2); б) ГН_{ГК100+ПЭГ-6000} в системах - толуол+вода (1), октан+вода (2)

Заключение. Механохимическим твердофазным методом получены новые поверхностно активные вещества на основе гуминовых кислот из бурого угля. Введение этоксигрупп в структуру макромолекул ГК оказывает положительное влияние на способность к стабилизации эмульсий.

Информация о финансовой поддержке: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FRES-2023-0002).

Список литературы

1. Хилько, С. Л. Особенности формирования адсорбционных слоев продуктов механохимической модификации гуминовых кислот на границе раздела жидкость–газ / С.Л. Хилько, М.И. Рогатко, Р.А. Макарова, Р.Г. Семенова // Коллоидный журнал. – 2020. – Т. 82, № 6. – С. 749-760. – DOI 10.31857/S0023291220060063. – EDN SVFXCB.
2. Salati, S. Perspective on the use of humic acids from biomass as natural surfactants for industrial applications / S. Salati, G. Papa., F. Adani // Biotechnology advances. – 2011. – V. 29. – №. 6. – P. 913-922. – DOI 10.1016/j.biotechadv.2011.07.012
3. Strukov, D. Investigation of the kinetic Promoting effect of humic acids on the formation of methane hydrate / D. Strukov, A. Sagidullin, S. Kartopol'cev, T. Rodionova, A. Manakov // Chemical Engineering Science. – 2025. – V. 309. – P. 121477. – DOI 10.1016/j.ces.2025.121477.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПУТИ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ЦИКЛОГЕКСАНКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СО

Севостьянова Н.Т., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0002-3499-2226,

Баташев С.А., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0001-7537-7740

¹ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет
им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ

sevastyanova.nt@gmail.com, batashevsa@tolstovsky.ru

Введение. Сложные эфиры циклогексанкарбонической кислоты представляют интерес как полупродукты в синтезе лекарственных субстанций и добавок к различным видам топлив и полимерам [1]. Алкоксикарбонилирование ненасыщенных соединений в последние десятилетия рассматривается как перспективный промышленно важный способ получения сложных эфиров из доступных реагентов. В отличие от традиционной кислотнокаталитической этерификации карбоновых кислот спиртами, имеющей обратимый характер, алкоксикарбонилирование протекает необратимо. С использованием наиболее активных и селективных гомогенных Pd-фосфиновых катализаторов этот процесс протекает региоселективно с образованием в качестве побочных продуктов лишь изомерных сложных эфиров. С применением в качестве ненасыщенного субстрата циклогексена алкоксикарбонилирование протекает с образованием единственного продукта (Рис. 1, реакция (1)).

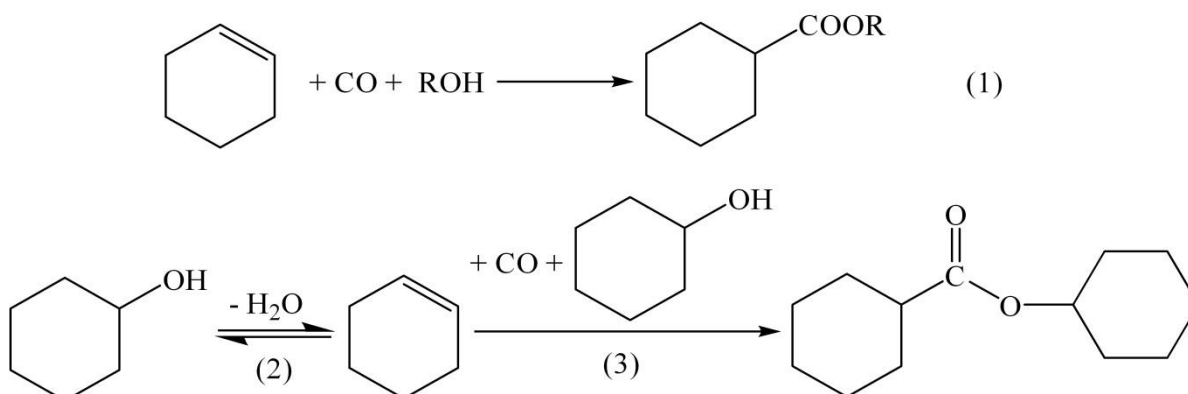


Рис. 1. Схема синтеза сложных эфиров циклогексанкарбонической кислоты путем алкоксикарбонилирования циклогексена (реакции (1)) и путем одnoreакторного процесса дегидратации-алкоксикарбонилирования на основе циклогексанола (реакции (2), (3))

Альтернативный путь включает кислотно-каталитическую дегидратацию циклогексанола в циклогексен и его последующее алкоксикарбонилирование (рис. 1, реакции (2), (3)). Следует отметить, что карбонилирование спиртов, традиционно осуществляемое с

использованием гомогенных катализаторов на основе Rh и Ir с добавками алкилиодидов, как правило, протекает в более жестких условиях по сравнению с алкоксикарбонилированием и сопровождается образованием в качестве побочных продуктов углеводородов и простых эфиров [2].

Цель данной работы – провести оценку перспективности синтеза сложных эфиров циклогексанкарбоновой кислоты путем алкоксикарбонилирования циклогексена и путем одnoreакторного процесса дегидратации-алкоксикарбонилирования на основе циклогексанола.

Основная часть. Реакцию (1) осуществляли с использованием метанола или циклогексанола и гомогенных каталитических систем, включающих палладиевый предшественник, органофосфин и п-толуолсульфоокислоту. Одnoreакторный процесс, включающий реакции (2) и (3), осуществляли с использованием каталитических систем, включающих палладиевый предшественник, органофосфин и сильную протонную кислоту НА. Кислота НА катализировала реакцию (2) и являлась со-катализатором в реакции (3). Оба процесса осуществляли в сред толуола в реакторе из диамагнитной стали, рассчитанном на работу при повышенном давлении и снабженном магнитной мешалкой. В ходе опытов отбирали пробы реакционной массы, которые анализировали методом ГЖХ. Детали экспериментов изложены в работах [3–6].

Было установлено, что выходы сложных эфиров в реакции (1) могут достигать значений более 85 % при использовании и метанола, и циклогексанола, однако с участием метанола реакция (1) протекала быстрее и в более мягких условиях по сравнению с реакцией с участием циклогексанола. Наибольшую активность проявили каталитические системы $\text{Pd}(\text{OAc})_2$ – органофосфин – моногидрат п-толуолсульфоокислоты (где органофосфины – дифенилфосфиновые производные норборнана и бициклооктана).

В одnoreакторном процессе на основе циклогексанола и СО, включающем реакции (2) и (3), был апробирован широкий ряд каталитических предшественников, органофосфинов и сильных протонных кислот. Этот процесс осложнялся образованием воды, негативно влияющей на равновесие реакции (2). Кроме того, в присутствии высоких концентраций воды прогрессируют реакции необратимой дезактивации палладиевых катализаторов вследствие образования палладиевой черни. Было установлено, что добавление в реакционную массу натриевых и калиевых солей используемых сильных протонных кислот приводит к увеличению выходов циклогексилциклогексанкарбоксилата. По-видимому, под действием солей происходило связывание воды за счет гидролиза, при этом генерировались дополнительные количества сильных протонных кислот НА. Помимо воды, одnoreакторный процесс осложнялся образованием циклогексанкарбоновой кислоты как возможного продукта гидроксикарбонилирования циклогексена и гидролиза

циклогексилциклогексанкарбоксилата. Однако циклогексанкарбоновая кислота представляет тот же практический интерес, что и ее сложные эфиры. В однореакторном процессе не использовали метанол для получения метилциклогексанкарбоксилата, поскольку было установлено снижение скорости дегидратации линейных вторичных спиртов в его присутствии и образование простых метиловых эфиров. Наибольшую активность в однореакторном процессе, включающем реакции (2) и (3), проявила каталитическая система $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2 - \text{PPh}_3 - \text{MeSO}_3\text{H} - \text{MeSO}_3\text{Na}$ с достижением выхода целевого продукта 88,5 %.

Заключение. Изученные процессы позволяют получать высокие выходы целевых продуктов в близких условиях. Однореакторный процесс дегидратации-алкоксикарбонилирования протекает с большими концентрациями сильных протонных кислот и предпочтительно с добавками солей этих кислот. Однако в случае реализации однореакторного процесса не требуется предварительный синтез и очистка циклогексена. В этой связи последний процесс более предпочтителен по сравнению с алкоксикарбонилированием циклогексена.

Список литературы

1. Лapidус, А. Л. Каталитический синтез органических соединений карбонилированием непредельных углеводородов и спиртов / А. Л. Лapidус, С. Д. Пирожков // Успехи химии. – 1989. – Т. 58, Вып. 2. – С. 197-233. – DOI 10.1070/RC1989v058n02ABEH003430.
2. Аверьянов, В. А. Кинетика и механизм катализируемого комплексом $\text{Pd}(\text{II})$ гидрокарбометоксилирования циклогексена / В. А. Аверьянов, С. А. Баташев, Н. Т. Севостьянова, Н. М. Носова // Кинетика и катализ. – 2006. – Т. 47, № 3. – С. 381–390. – EDN HUIHBL.
3. Аверьянов, В. А. Кинетика и механизм гидрокарбометоксилирования циклогексена при катализе системой $\text{Pd}(\text{OAc})_2 - \text{PPh}_3 - \text{п-толуолсульфокислота}$ / В. А. Аверьянов, Н. Т. Севостьянова, С. А. Баташев, А. А. Воробьев, А. С. Родионова // Химическая физика. – 2014. – Т. 33, № 3. – С. 19–26. – DOI: 10.7868/S0207401X14030030. – EDN RWZVGN
4. Аверьянов, В.А. Механизм каталитического действия системы $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2 - \text{PPh}_3 - \text{п-толуолсульфокислота}$ на гидрокарбоалкоксилирование циклогексена в среде циклогексанола / В. А. Аверьянов, Н. Т. Севостьянова, С. А. Баташев, С. В. Несолёная // Нефтехимия. – 2006. – Т. 46, № 6. – С. 435–445. – EDN HZDZTZ.
5. Nifant'ev, I. E. Effect of the structure and concentration of diphosphine ligands on the rate of hydrocarbomethoxylation of cyclohexene catalyzed by palladium acetate / diphosphine / TsOH system / I. E. Nifant'ev, S. A. Batashev, S. A. Toloraya, A. N. Tavgorkin, N. T. Sevostyanova, A. A. Vorobiev, V. V. Bagrov, V. A. Averyanov // Journal of Molecular Catalysis A: Chem. – 2011. – V. 350. – P. 64–68. – DOI 10.1016/j.molcata.2011.09.005. – EDN PEDLTR.
6. Sevostyanova, N. T. One-pot esters synthesis from secondary alcohols and CO catalyzed by Pd-phosphine systems / N. T. Sevostyanova, S. A. Batashev, A. S. Rodionova, D. K. Kozlenko // Tetrahedron. – 2023. – V. 146. – 133653. – DOI 10.1016/j.tet.2023.133653. – EDN OLSSKK.

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОЛОКОН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСПИННИНГА

Сунаргулов А.Б., ORCID 0009-0003-1136-3253,

Бакирова Э.Р., ORCID 0000-0002-0421-3789,

Кулиш Е.И., д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0002-6240-0718

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, РФ

artur.sunargulov.ufa@mail.ru

Создание материалов на основе биоразлагаемых синтетических полимеров является весьма актуальной задачей [1-2]. Получаемые на их основе пленочные композиции находят применение во многих областях, например, в персонализированной терапии для лечения долго незаживающих ран и тканевой инженерии. Полимерная матрица в таких системах служит не только основой пленочного покрытия, но и может выполнять функцию программируемой системы доставки лекарственных средств [3]. Электроспиннинг – это эффективный метод получения ультратонких волокон из полимерных растворов или расплавов под действием электростатических сил. При подаче высокого напряжения на полимерную жидкость, истекающую из капилляра, формируется заряженная струя. Испытывая изгибную неустойчивость, струя растягивается и утончается, и осаждается случайным образом в виде ориентированных или упорядоченных волоконных структур на заземленном коллекторе. Даже незначительное варьирование параметров процесса электроспиннинга позволяет получать нановолокна с различными свойствами, что особенно важно при создании материалов на основе полимеров, где к каждому конкретному изделию предъявляются строго определенные эксплуатационные требования.

Полимерные растворы, которые могут применяться в качестве основы для создания волокон в электроспиннинге, должны обладать рядом свойств, а именно, оптимальной вязкостью, электропроводностью, поверхностным натяжением. Среди полимеров пригодных для использования в этом методе особый интерес представляют полилактид (ПЛ), поликапролактон (ПКЛ) и поливиниловый спирт (ПВС). ПЛ – биоразлагаемый и биосовместимый термопластичный полимер, относящийся к классу алифатических полиэфиров, находит широкое применение в тканевой инженерии для восстановления костной и хрящевой ткани, создания сосудов, а также в составе ранозаживляющих повязок и в качестве носителя для иммобилизации ферментов или наночастиц при создании биосенсоров.

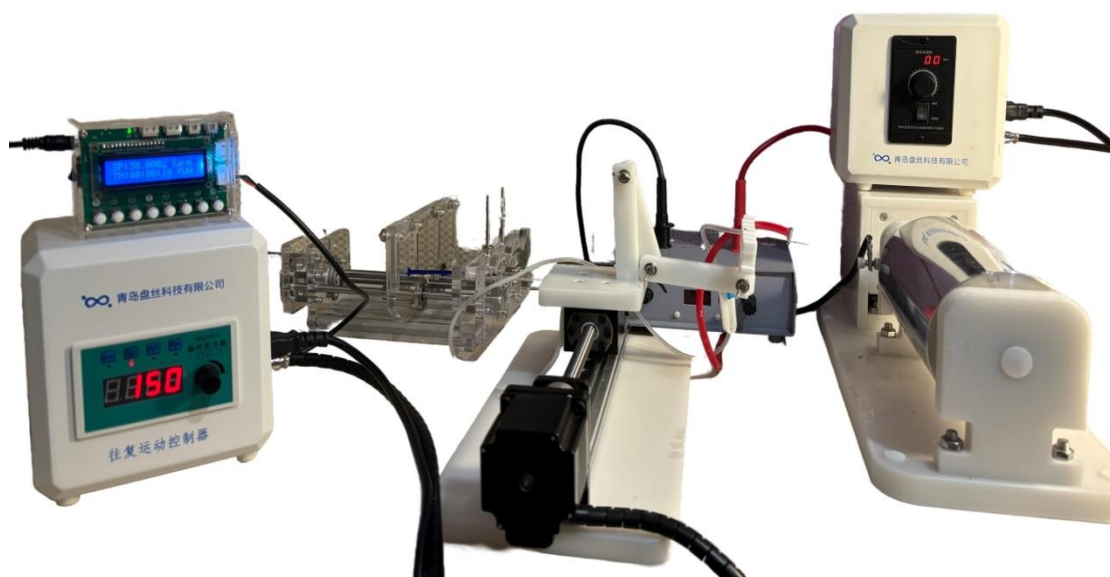


Рис. 1. Установка для получения волокон методом электроспиннинга.

ПКЛ – представляет собой синтетический биоразлагаемый и биосовместимый алифатический полиэфир. Благодаря комбинации медленной деградации и высокой эластичности ПКЛ применяется для создания долгосрочных имплантатов, систем доставки лекарственных средств с пролонгированным высвобождением, в 3D-биопечати и гибридных конструкциях. ПВС – синтетический водорастворимый полимер, получаемый путем полного или частичного гидролиза поливинилацетата. Наличие гидроксильных групп позволяет легко модифицировать волокна и вводить функциональные добавки. Используется для создания биомедицинских материалов, мембран для фильтрации, функциональных нанокомпозитов, сенсоров и оптических материалов.

Создание растворных смесей на основе ПЛ и ПКЛ с последующим электроспиннингом представляет собой актуальную область исследования с целью получения материалов с уникальными регулируемыми свойствами, недостижимыми для каждого из полимеров в отдельности. Данный метод позволяет получать волокна, в которых полимеры смешаны на молекулярном уровне. Кроме того, существуют возможности для формирования коаксиальных волокон, которую имеют структуру ядро – оболочка, и композитных мембран со слоистой структурой. Композитные двухслойные каркасы на основе ПВС и ПКЛ обладают повышенной адгезией, пролиферацией, оптимальной пористостью, что делает возможным применение этих мембран в тканевой инженерии [4]. Материалы, полученные из смеси ПЛ/ПВС позволяют создать биомиметический внеклеточный матрикс, который обладает такими физико-механическими характеристиками, которые позволяют

использовать данный материал в качестве носителя биологически активных молекул [5].

Таким образом, каркасы, полученные методом электроспиннинга, представляют собой уникальные нановолоконные структуры, свойства которых могут быть целенаправленно настроены под конкретную задачу за счет варьирования параметров процесса получения. Это открывает значительные перспективы в современной химии высокомолекулярных соединений. Создание полимерных смесей методом электроспиннинга является высокоэффективной стратегией, позволяющей в рамках данного метода получать композиционные материалы с уникальными свойствами.

Список литературы

1. Бакирова Э.Р.. Влияние условий получения материалов на основе полилактида на их физико-механические и реологические характеристики / Э.Р. Бакирова, Р.Ю. Лаздин, А.С. Шуршина [и др.] // Химическая физика. – 2024. – Т. 43, № 3. – С. 95-102. – DOI 10.31857/S0207401X24030103. – EDN VFRSXD.
2. Бакирова Э.Р. Влияние условий переработки на некоторые характеристики поликапролактона / Э.Р. Бакирова, Р.Ю. Лаздин, Е. М. Гизбуллина, Е.И. Кулиш // Бутлеровские сообщения. – 2023. – Т. 74, № 4. – С. 72-76. – DOI 10.37952/ROI-jbc-01/23-74-4-72. – EDN BARKPN.
3. Bakirova E.R.. Study of Properties of Polymer Film Materials Based on Polycaprolactone–Chitosan–Ceftriaxone Blends. / E.R. Bakirova, A.B. Sunargulov, R.Y. Lazdin et al. // Polym.Sci.Ser.A – 2024. – V. 66. – P. 650–654. DOI: 10.1134/S0965545X25600279.
4. Maheshwari S.U. Electrospinning of polyvinylalcohol–polycaprolactone composite scaffolds for tissue engineering applications. / S.U. Maheshwari, S.V. Kumar, N. Nagiah *et al.* // Polym. Bull. –2013. – V. 70. – P.2995–3010. DOI: 10.1007/s00289-013-1002-4.
5. Fatahian R. Effect of electrospinning parameters on production of polyvinyl alcohol/polylactic acid nanofiber using a mutual solvent. / R. Fatahian, M. Mirjalili, R. Khajavi, M.K. Rahimi, N. Nasirizadeh // Polymers and Polymer Composites. – 2021. – V. 29. – P. 844–856. DOI: 10.1177/09673911211027126.

АССОЦИАТИВНАЯ МОДЕЛЬ ИНИЦИИРОВАННОГО ·ОН РАДИКАЛОМ РАСПАДА CH₂ClOOH

Туровский Н.А.¹, канд. хим. наук, доц.,
Туровская М.К.², канд. хим. наук, ORCID 0000-0003-4129-0270

Чалай А.В.¹,

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

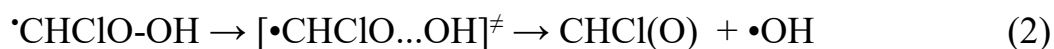
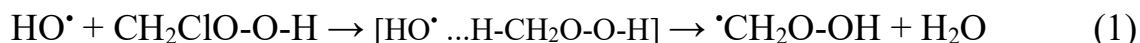
²ФГБНУ «Институт физико-органической химии и углехимии

им. Л.М. Литвиненко», г. Донецк, РФ

na.turovskij@gmail.com

Гидропероксид метилхлорида привлекает внимание исследователей в связи с его активным участием в атмосферных процессах. Этот гидропероксид является первичным продуктом атмосферного окисления метилхлорида - «фреон - 40».

На уровне теории MP2/6-311G(d,p) неэмпирической квантовой химии проведено постадийное молекулярное моделирование процесса разложения гидропероксида метилхлорида, инициированного гидроксильным радикалом (реакции 1 и 2).



Определена структура равновесного состояния промежуточного интермедиата $[\text{HO}^\bullet \dots \text{H}-\text{CHClO}-\text{O}-\text{H}]$ (рис. 1, GS) и переходного состояния (рис. 1, TS) на пути реакции (1).



Рис. 1. Ассоциативная модель радикал-молекулярного комплекса и переходного состояния реакции отщепления атома водорода ·ОН радикалом

В структурном фрагменте $\text{HO}^\bullet \dots \text{H}-\text{C}-$ длина водородной связи 2.404 Å, при этом $\text{H}-\text{C}-$ связь хлорметильной группы гидропероксида в комплексе (рис. 1, GS) слабо поляризована. В структурном фрагменте реакционно-активного центра $\text{H}-\text{O}^\bullet \dots \text{H}-\text{C}-$ длина $-\text{O} \dots \text{H}-$ связи изменилась от 2.404 Å (промежуточный интермедиат) до 1.272 Å (переходное состояние реакции (1)). В радикал-молекулярном комплексе длина $\text{H}-\text{C}$ связи реакционно-

активного фрагмента 1.087 Å, а в переходном состоянии она изменилась до 1.204 Å. Параметры молекулярной структуры равновесного состояния реактантов, промежуточного интермедиата и переходного состояния реакции (1) приведены в таблице (1).

Таблица 1

Параметры молекулярной структуры реактантов (GS), промежуточного интермедиата (GS) и переходного состояния (TS) реакции (1)

Параметры молекулярной структуры	ClCH ₂ O-OH	HO•	HO•...H-CHClO-O-H	
	GS	GS	GS	TS
E, а. е.	-649.47347	-75.57289	-725.04953	-725.02849
S ²⁹⁸ кал/(моль·К)	70.5	42.5	92.6	81.9
μ, D	0.46	1.86	2.60	1.88
ν(C-H...), см ⁻¹	3820.6	3850.8	3142.4	-215.9

Энтальпия и энтропия образования радикал молекулярного комплекса HO•...H-CHClO-O-H реакции (1) равна **-8.33** кДж/моль и -85.3 Дж/(моль·К) соответственно. Энтальпия и энтропия активации реакции (1) равны 55.2 кДж/моль и -44.7 Дж/(моль·К).

Получено сечение ППЭ реакции гомолитического распада с разрывом пероксидной связи •CHClO-OH, (рис. 2).

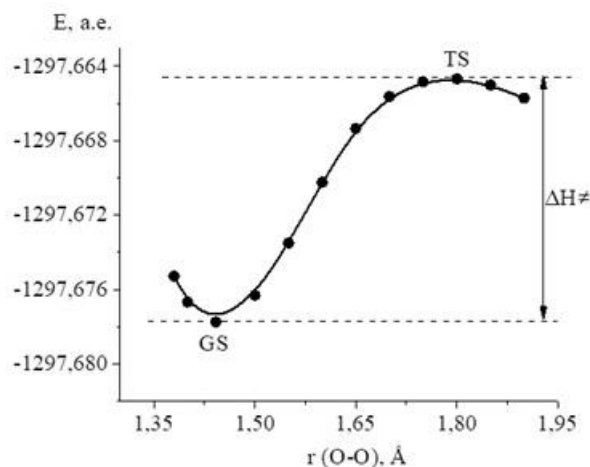


Рис. 2. Сечение ППЭ реакции гомолитического распада C-центрированного радикала •CHClO-OH

Переходное состояние реакции гомолитического разложения •CHClO-OH локализовано при межъядерном расстоянии атомов пероксидной связи 1.538 Å. В переходном состоянии этой реакции расстояние между атомами пероксидной связи увеличилось на 14%. Молекулярная структура основного равновесного состояния (CS) и переходного состояния (TS) реакции гомолитического разложения •CHClO-OH представлена на рис. 3.

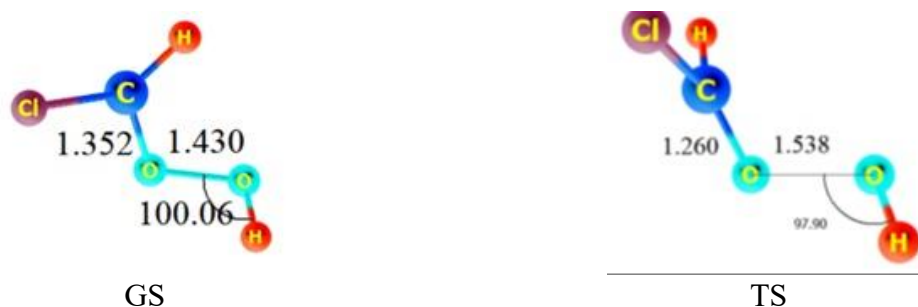


Рис. 3. Молекулярная модель С-центрированного радикала (GS) и переходного состояния (TS) реакции распада $\bullet\text{CHClO-OH}$

Параметры молекулярной структуры равновесного состояния (GS) и переходного состояния реакции (2) приведены в таблице (2).

Таблица 2

Параметры молекулярной структуры С-центрированного радикала $\bullet\text{CHClO-OH}$

Параметры молекулярной структуры	$\bullet\text{CHClO-OH}$	
	GS	TS
E, а. е.	-648.80539	-648.79434
S^{298} кал(моль'К)	73.9	72.6
μ , D	1.79	0.34
$\nu(\text{O-O})$, см^{-1}	1503.2	-1395.9
$r(\text{C-O})$, Å	1.352	1.257
$r(\text{O-O})$, Å	1.430	1.540
$r(\text{O-H})$, Å	0.966	0.964
$\angle\text{COO}$, °	108.78	111.53
$\angle\text{OON}$, °	100.06	97,87
$\angle\text{COOH}$, °	105.53	108,96

В случае реакции гомолитического разложения гидропероксида метилхлорида с разрывом пероксидной связи переходное состояние локализовано при увеличении межъядерного расстояния атомов O-O связи на 69%. Энтальпия и энтропия активации реакции гомолиза с разрывом пероксидной связи $\bullet\text{CHClO-OH}$ - 29.0 кДж/моль и -6.2 Дж/(моль К). Энтальпия активации гомолиза $\text{CH}_2\text{ClO-OH}$ равна 212.2 кДж/моль.

ЭПОКСИДНО-КРЕМНЕЗЕМНЫЕ КОМПОЗИТЫ: КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И СВОЙСТВА

Чабак И.Е.¹, ORCID 0009-0006-8148-6744,

Михальчук В.М.¹, д-р хим. наук, проф., ORCID 0009-0007-0897-9136,

Лыга Р.И.¹, канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0001-5012-5424,

Радченко Д.Э.¹, ORCID 0009-0009-4648-6740,

Глазунова В.А.², ORCID 0009-0009-8804-2136

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

²ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина», г. Донецк, РФ

iradonetsk2204@gmail.com

Введение. Полимерные материалы широко применяются в качестве защитных покрытий благодаря их способности эффективно предотвращать или замедлять процессы разрушения конструкционных элементов. Одним из путей повышения эксплуатационных характеристик таких покрытий является введение в полимерную матрицу наноразмерного диоксида кремния (кремнезема). Кремнезем улучшает свойства полимерных матриц за счет равномерного распределения и поверхностной активности частиц в материале. Как итог, образуется каркас жёсткости, повышающий устойчивость на сжатие и изгиб, увеличивается термостойкость полимерного покрытия, снижается его проницаемость для газов и жидкостей, что особенно важно для защитных материалов [1].

Золь-гель метод активно применяется для синтеза нанокремнезема и его внедрения в полимерное связующее. Особое значение в данном процессе имеет стадия формирования SiO₂-частиц, поскольку параметры золь напрямую влияют на характеристики композита и адгезию покрытия к подложке.

Несмотря на активное применение диоксида кремния в составе эпоксидных композитов, остаются не до конца изученными механизмы реакций, протекающих в реакционной системе. Это особенно актуально для случаев, когда золь формируется одновременно с полимеризацией связующего. Поэтому **целью исследования было моделирование и осуществление золь-гель метода получения эпоксидно-кремнеземных композитов, а также изучение их свойств.**

Основная часть. Квантово-химическими расчетами, проводимыми в работе, исследовали возможные пространственные и электронные структуры взаимодействующих молекул, а также определяли энтальпии протекающих золь-гель реакций. Расчеты молекул были выполнены с использованием теории функционала плотности DFT при помощи обменно-корреляционного функционала PBE с применением валентно-

расщеплённого атомного базисного набора def2-TZVP, реализованного в пакете программ Orca 6.0.1.

Условия синтеза существенно влияют на интенсивность протекающих в реакционной системе реакций. Условия жесткого недостатка гидrolитической воды, во всяком случае на начальных стадиях золь-гель процесса, приведут к тому, что какие-то этоксидные группы алкоксисилана будут находиться «в стадии ожидания» своей молекулы воды для гидролиза. Поэтому немалая вероятность протекания реакций конденсации гидролизованных групп прекурсора с исходными этоксидными группами.

Численное моделирование супрамолекулярных структур нанонаполнителя начато с расчетного исследования первичных реакций гидролиза и реакций конденсации гидроксизамещённого тетраэтоксисилана. Перед моделированием взаимодействий проводили геометрическую оптимизацию молекул исходных реагентов. Затем проводили автоматизированный алгоритм стыковки молекул реагентов на основе процесса роевого интеллекта [2] для поиска локальных минимумов для наилучшего расположения реагентов на основе энергий и градиентов заданной поверхности потенциальной энергии.

С более низкой энергией происходят элементарные акты реакций конденсации, по сравнению с реакциями гидролиза. При стыковке двух молекул ортокремневой кислоты энергетически более выгодным является образование трех водородных связей с участием двух атомов кислорода и одного атома водорода одной молекулы $\text{Si}(\text{OH})_4$ и соответственно двух атомов Н и одного атома О второй молекулы кислоты. При этом плоскости, образованные тремя атомами обеих молекул, параллельны (рис. 1а).

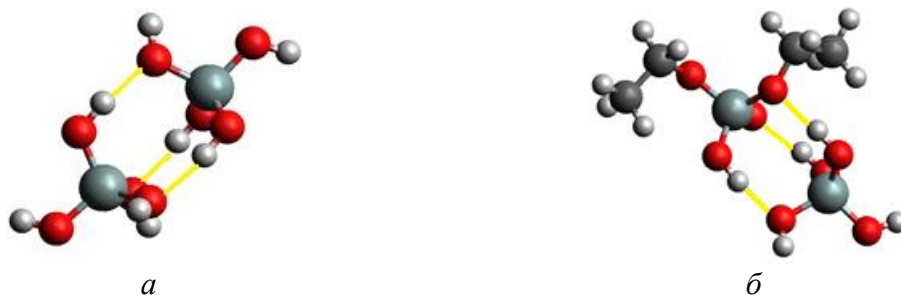


Рис. 1. Стыковки молекул с наименьшей энергией: а – молекулы ортокремневой кислоты; б – ортокремневая кислота и дигидроксизамещенный тетраэтоксисилан

Более выгодной с точки зрения минимальной энергии взаимодействия является реакция конденсации между ортокремневой кислотой и дигидроксизамещенным тетраэтоксисиланом (рис. 1б).

Полученные результаты указывают на важность присутствия в реакционной смеси катализатора гидролиза, поэтому гидролиз и последующую поликонденсацию алкоксисилана проводили в эпоксидно-аминной смеси. Содержание нанонаполнителя в композитах составляло от 0,5 до 10 масс. %.

Термомеханический анализ пленочных образцов ненаполненного полимера и серии эпоксидно-кремнеземных композитов показал, что при увеличении концентрации SiO_2 -наполнителя от 1 до 5 масс.% повышаются температуры начала и завершения перехода композитов в высокоэластическое состояние. При этом скорость деформации образцов при растягивающей нагрузке с увеличением степени наполнения композитов снижается в 3 раза. Однако при наибольших концентрациях наполнителя армирующий эффект снижается, и указанные термомеханические параметры практически возвращаются к исходным значениям.

Армирующее влияние нанонаполнителя при его содержании, не превышающем 5 масс.%, замечено также при изучении морфологии скола блочного образца при разрушающем напряжении. Ненаполненный полимер раскалывается большей частью в межглобулярных пространствах. Применяемый подход к синтезу эпоксидно-кремнеземных композитов позволяет равномерно внедрять наночастицы в объем композита. С помощью просвечивающей электронной микроскопии наноразмерные частицы кремнезема обнаружены и внутри полимерных глобул, и в пространствах между глобулами. В результате образцы композита имеют менее рельефную поверхность скола.

Заключение. Квантово-химическое моделирование помогает понять, как именно протекают элементарные акты взаимодействий в реакционной смеси. Это открывает дополнительные возможности для управления золь-гель процессом, и, соответственно, регулирования структуры и свойств получаемых композитов.

Информация о финансовой поддержке: *Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 124012400357-1). Микроскопические исследования проведены также в рамках работы FREZ-2023-0001.*

Список литературы

1. Кычкин, А. К. Исследования влияния различных типов наполнителей на свойства полимерной матрицы / А. К. Кычкин, А. А. Кычкин, А. А. Васильева // Ползуновский вестник. – 2024. – № 4. – С. 222–227. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.033
2. [Particle Swarm Optimization: A Comprehensive Survey / Tareq M. Shami, Ayman A. El-Saleh, Mohammed Alswaitti \[et al.\] // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 10031–10061. – DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3142859](#)

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ, ЭКОЛОГИЯ

Биофизика

<i>Авдеева К.А., Елизаров А.О.</i> Влияние абиотического фактора на фотосинтетический аппарат сельскохозяйственных культур, на примере <i>Zea mays</i> L.	5
<i>Авдеева К.А., Склярченко Ю.И.</i> Влияние сочетанного действия переменного магнитного поля и вибрации на ростовые показатели кукурузы сахарной	8
<i>Аникина Е.А., Чуфицкий С.В.</i> Биомониторинг участка русла реки Крынка с применением метода флуориметрии	11
<i>Антропова Л.П., Чуфицкий С.В.</i> Сезонная динамика флуоресценции хлорофилла в листьях <i>Aesculus hippocastanum</i> L. повреждённых каштановой минирующей молью	14
<i>Антропова Л.П., Чуфицкий С.В.</i> Сезонная динамика состояния фотосинтетического аппарата <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	16
<i>Аныев Д.Б.</i> Биофизические основы фотобиомодуляции: влияние светодиодного излучения на рост и метаболизм растений	18
<i>Выликов Е.А.</i> Влияние вибрационно-акустического шума на древесные насаждения, произрастающие вдоль автомагистралей города Донецка	21
<i>Горбунов Р.И., Романчук С.М.</i> Проведение испытаний профилирующей автономной станции многопараметрических измерений водной среды в прибрежной зоне акватории Азовского моря	24
<i>Губарев А.А., Ефременко К.И.</i> Особенности зависимости минимального диаметра магнитомаркированных клеток при перемещении над плёнкой с полосовой доменной структурой от величины амплитуды нормальной компоненты магнитной индукции внешнего поля	27
<i>Губарев А.А., Легенький Ю.А., Беспалова С.В.</i> Зависимость с двумя максимумами средней скорости перемещения магнитомаркированных клеток над плёнкой с полосовой доменной структурой от частоты внешнего магнитного поля	30
<i>Корижский Д.В., Романчук С.М.</i> Разработка программного обеспечения погружного зонда для мониторинга водных объектов	33
<i>Корниенко В.О.</i> «Биомеханика живых систем» – уникальное научное направление на юге России	36
<i>Павлов В.Н., Легенький Ю.А., Солопов М.В., Турчин В.В.</i> Модификация установки для исследования движения магнитомаркированных клеток над решёткой цилиндрических магнитных доменов	39
<i>Реуцкая В.В.</i> Влияние загрязнения воздуха, почвы и шумового воздействия на древесные растения в урбанизированной среде: литературный обзор	42
<i>Реуцкая В.В.</i> Оценка жизнеспособности <i>Populus bolleana</i> L. произрастающих в городе Донецке	45

Солопов М.В., Чечехина Е.С., Кавелина А.С., Акопян Г.В. Оценка моделей глубокого обучения для автоматизированной сегментации микрофотографий мезенхимных стволовых клеток	47
Солопов М.В., Попандопуло А.Г., Турчин В.В., Легенький Ю.А., Беспалова С.В. Обоснование параметров мультифизической модели магнитной системы для таргетной доставки стволовых клеток в область перелома шейки бедра	50
Шкиренко А.О., Корниенко В.О. Использование <i>Quercus robur</i> L. в биоиндикационных методах оценки нарушений экотопов	53

Ботаника и экология

Астафьев Д.И., Плотников Д.А. Характеристика методов ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов с учётом почвенно-растительных особенностей Донбасса	55
Барсукова И.Н. Онтогенетическая структура ценопопуляций <i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) Kuntze (Plumbaginaceae) в Хакасии	58
Братухина Е.Р., Рябцев А.А. Перспективы гис-анализа фитотератогенеза	60
Васильева Н.Н. Мохообразные Старобешевского района ДНР	61
Виноградова Е.Н. «Сирени Победы» в коллекции сирингария Донецкого ботанического сада	62
Галактионова Е.В. Дополнение к ризологическому фитотестированию почв в нарушенных биотопах	65
Глухов А.З., Сафонов А.И. Экомониторинг в контексте информационно-аналитической ботаники	66
Гришлова М.В. Оценка роста и репродуктивного развития сосны кедровой сибирской из разных популяций в групповых посадках	68
Гудзенко Е.О., Карасёва Т.А. Анализ состава флоры «Ливенцовского археологического комплекса эпохи бронзы» (г. Ростов-на-Дону)	71
Гунченко И.А. Полемоустресс как специфическая реакция фитоиндикаторов	74
Гунченкова А.Д., Войтеховский Ю.Л. Спиральный филлотаксис в побегах первого года <i>Populus tremula</i>	75
Демьяненко Т.В. Анализ флористического состава байрачных лесов на основе гербарных сборов	78
Дмитриева А.П., Добжанская А.В. Индикационная структурная пластичность <i>Reseda lutea</i> L. в урбанизированных экотопах Донбасса	80
Дорожкина Е.Н., Лабутина М.В. Ценопопуляционное изучение майника двулистного в условиях пригородного леса	81
Достовалова Д.А., Глухов А.З., Подгородецкий Н.С. Детоксикация металлов древесными растениями шахтных породных отвалов	83
Епринцев С.А., Клепиков О.В., Дьякова Н.А., Шекоян С.В., Виноградов П.М. Геоинформационное моделирование повышения качества окружающей среды селитебных ландшафтов на примере урбанизированных территорий Центральной России	86
Есякова О.А., Кох Ж.А. Биотопливо из отходов гидролизных заводов	88

Жигулина Е.В., Кочемасов К.В., Карки А.Б. Оценка современного состояния агроландшафтов ООО имени Тельмана села Аношкино Лискинского района Воронежской области	91
Жуков С.П. Сорта винограда, перспективные для ландшафтного дизайна в условиях г. Донецка	94
Зусарь К.Д. Роль ботанического музея в профориентации ДонГУ	96
Ионова Л.Г., Золотарева Г.В. Репатриация, интродукция и расселение редких видов растений в заповеднике «Ягорлык» (Приднестровье)	97
Калинина А.В. <i>Grindelia squarrosa</i> (Pursh) Dunai на урбанизированных территориях Донецкой Народной Республики	103
Калинина Ю.С. Оценка состояния объектов озеленения студенческого городка ДонГУ	105
Калинина Ю.С., Габараев Б.А. Оптимизация рекреационной зоны на примере сквера «Строитель» г. Донецка	108
Кизима В.В., Толстов Н.А. Проверка гипотезы о санитарных нормах в помещениях Приднестровья без централизованного отопления	109
Кустова О.К., Глухов А.З., Козуб-Птица В.В. Влияние метеорологических условий Донецкого региона на рост и развитие хозяйственно-ценных растений	111
Марков В.Н. Безопасность сборов растительных образцов в условиях беллигеративных ландшафтов	114
Мирненко Н.С. Сравнительный анализ адаптивных особенностей репродуктивной системы <i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC. и <i>Plantago major</i> L. в условиях урбанизированных территорий Донбасса	115
Мирненко Э.И. Сравнительный анализ пространственной организации фитопланктона в Азовском море и пресноводных водоёмах Донбасса	117
Неспирный В.Н., Сафонов А.И. Учёт библиографической информации о публикациях экопрофиля в Донбассе (2000-2024)	119
Пашков Д.А. Атипичные модификации соцветий тополей Донецка в градиенте токсической нагрузки	122
Потапенко Е.М., Калинина А.В. Изучение синантропных растительных сообществ на территории города Докучаевска	123
Рыжакова А.Г. Морфология и распространение лишайников родов <i>Lecanora</i> и <i>Parmelia</i> на древесных субстратах г. Макеевки (ДНР)	124
Сафонов А.И. Адаптациогенез фитоиндикаторов в новых биогеохимических провинциях Донбасса	126
Скорик В.А. Фитопланктон прудов с. Орлово-Ивановка (ДНР)	127
Хлебников В.Ф., Ионова Л.Г., Гавриленко Л.А. Эколого-флористический анализ древесной флоры Кицканского ботанического комплекса	129
Хохлова О.А. Структура сообществ фитопланктона прудов Амвросиевского округа (ДНР)	131
Чунаева Н.В. Алармизм для гербарной коллекции ДонГУ	133

Зоология и экология

Джантимирова А.А., Прокопенко Е.В. Биология и вредоносность тополевой кружевницы <i>Monosteira unicostata</i> (Mulsant et Rey, 1852) (Heteroptera: Tingidae) на территории города Донецка	134
Иванов Н.Н. Результаты наблюдений за усачами, обнаруженными в коре шелковицы черной	137
Кожух И.А., Климович К.Г., Романчук Р.В. Материалы по фауне герпетобионтных жесткокрылых Приазовских степей Ростовской области	140
Маслодудова Е.Н. Инвазивные виды кровососущих двукрылых (Diptera: Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) на территории г. Донецка и его окрестностей	142
Маслодудова Е.Н., Бандус С.Н. Опасность распространения постельных клопов на территории ДНР	145
Оголь И.Н. Первая находка осы <i>Sceliphron madraspatanum</i> (Fabricius, 1781) (Hymenoptera: Sphecidae) на территории Донбасса	148
Прокопенко Е.В., Джантимирова А.А. <i>Acontia candefacta</i> (Hübner, 1831) (Lepidoptera, Noctuidae) в Донецке	151
Рева М.В., Алёшина Д.Н., Ясинский В.Е. Биологические особенности и видовой состав мошек Донбасса	154
Рева М.В., Куценко Д.А. Биология и значение мошек рода <i>Eusimulium</i> End. (Diptera, Simuliidae) на территории Донбасса	157
Рева М.В., Литвинова С.А., Диденко М.С. Морфология и биология мошек рода <i>Wilhelmia</i> End. (Diptera: Simuliidae) Донбасса	159
Тищенко А.А., Антеков А.А. Орнитофауна сектора «Бычок – Красногорка» (Приднестровье)	161
Шкиренко А.О., Прокопенко Е.В., Корниенко В.О. Насекомые-филлофаги дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L.) в Центральном Донбассе	164
Штирц А.Д. Панцирные клещи (Acari: Oribatei) шлакоотвалов металлургических заводов Донбасса	167

Физиология растений и грибов, микробиология, биотехнология

Воронин И.А., Иванов В.А., Лис Е.В., Шимова Ю.С. Исследование содержания белковых веществ семян сосны сибирской кедровой	170
Двойнова Н.Ф., Дудник Е.Ю. Интеграция инновационных подходов к ресурсосбережению и охране окружающей среды в пищевом секторе региона	173
Демченко С.И. Влияние экзометаболитов грибов <i>Phlebiopsis gigantea</i> и <i>Heterobasidion annosum</i> на прорастание семян и рост проростков сосны обыкновенной	176
Еременко О.Н., Кох Ж.А., Потапенко С.А. Перспективы использования послеэкстракционного свекольного жома в получении пищевых базидиомицетов	178
Загнитко Ю.П. Биотехнология получения ферментного препарата Экзо-ПгС на основе культуры гриба <i>Lentinus edodes</i> 480	181

Калинина Н.В. Ускоренное получение популяций риса методом экспериментальной гаплоидии	183
Кинаш Т.А., Демченко С.И. Активность лигнолитических ферментов гибридного штамма <i>Pleurotus ostreatus</i> Д-2.3 в условиях жидкофазной ферментации	185
Кузьменко М.С., Гриб А.С., Фрунзе О.В. Влияние ионов цинка на сумму хлорофиллов декоративных травянистых растений	188
Левещева А.И., Демченко С.И. Влияние высокой температуры на плодородную активность промышленного штамма <i>Pleurotus ostreatus</i> Этна	191
Лукиянчук С.С., Гусева М.С., Хачиниколаев В.В., Перина А.И. Оценка экологической опасности и биотоксичности нефтепродуктов и ингибитора коррозии в условиях моделирования загрязнения почвы	194
Медведкова И.И. Температурный диапазон хранения, как один из факторов для обеспечения потребителей свежей и качественной грибной продукцией	196
Чемерис О.В. Особенности масштабирования процесса культивирования штамма <i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr. 2434 – активного продуцента внеклеточных целлюлаз	198
Штирц Ю.А. Агрегатное состояние почв южной части Шахтерского района Донецкой Народной Республики	201

Физиология человека и животных, медицина

Антюхов Ю.Ю., Вирко В.А., Мефодовский М.А., Хабаров В.А. Подкожные формы HER2-блокады пертузумаб+трастузумаб в терапии HER2-положительного рака молочной железы	204
Байсыркина В.А. Изменения картины крови коз при переходе с зимнего на пастбищное содержание	206
Балакирева Г.А., Наумова Т.И. Направленность изменения поведенческих реакций в тесте Порсолта у самцов белых крыс при двухнедельной алкоголизации	208
Белоцерковская М.А., Ищенко Р.В., Гасанов В.А., Голубицкий К.О., Турчин В.В., Авраменко А.С., Кисиленко И.А., Портянов М.О., Солопов М.В. Перспективы использования живой пробиотической терапии для местного лечения инфицированных ран	211
Болдырева М.А. Нейрофизиологические механизмы оценки цифровых навыков информационной грамотности	214
Бочарова П.О., Лахно В.А., Якса У.С. Гигиена военнослужащих в условиях специальной военной операции	217
Буловацкая Д.В., Пивнев Б.А. Современные аспекты профилактики тромбоэмболических осложнений у пациентов с фибрилляцией предсердий..	220
Гаврилюк А.В., Стефано Е.А. Роль кишечной микробиомы в патогенезе ревматоидных заболеваний	223
Гмыря А.А., Щукина Е.В. SGLT2-ингибиторы в лечении сердечной недостаточности	225

<i>Гузик А.А., Белокопытов Д.В., Демяшкин Г.А.</i> Экспрессия NIS в атипичных клетках трижды негативного рака молочной железы	228
<i>Давлатзода С.Х., Липай Т.П.</i> Абу Рейхан аль-Бируни: роль и значение в становлении системы общественного здравоохранения и социологии медицины	230
<i>Дорофеева Е.А.</i> Недостаточная выработка мелатонина у людей с расстройствами аутистического спектра	232
<i>Ефремушкина Д. М., Шубина О. С., Дуденкова Н. А.</i> Влияние качества питьевой воды на кровь лабораторных животных	234
<i>Иванов А.С.</i> Динамика изменения концентрации интерлейкина-1 сыворотки крови крыс с ожирением, осложненным гонартрозом на фоне применения дексаметазона	236
<i>Клетикова Л.В., Вирзум Л.В., Шашурина Ю.Н.</i> Дозозависимый эффект от применения бетаина при кормовом стрессе у кур	239
<i>Конев А.В., Конева К.А.</i> Экспрессия рецепторов горького вкуса в назальном эпителии как предиктор недостаточного контроля бронхиальной астмы	242
<i>Лаптев С.В.</i> Роль биомаркеров в распознавании сепсиса	245
<i>Ластков Д.О., Попович В.В.</i> Особенности патологии зрения у населения в период СВО: ведущие нозологии и факторы риска	247
<i>Липунов В.В.</i> Показатель фактора некроза опухолей- α костного мозга мышей на фоне введения диклофенака натрия с сопутствующим дерматитом	250
<i>Нехаев С.Г., Игнаткова Е.П., Быйык А.И.</i> Анализ клинических проявлений геморрагической лихорадки с почечным синдромом у пациентов с патологией мочеполовой системы в Тульской области в 2023–2024 годах	252
<i>Партас И.Г., Мазин С.А.</i> Физическая реабилитация больных бронхиальной астмой с использованием спелеотерапии	255
<i>Петров Д.И., Полухина А.О., Частиков И.П.</i> Инфекции, передающиеся половым путем в молодежной среде: исследование репродуктивных установок и профилактического поведения	258
<i>Росляков К.А.</i> Поиск широконейтролизующих эпитопов антител bNAbs z13 и 10E8 при помощи фазового дисплея и метода NGC- секвенирования	260
<i>Таримов К.О., Иванченко К.С.</i> Диагностика степени гипосалии на фоне метаболического синдрома	262
<i>Труш В.В., Соболев В.И.</i> Влияние ятрогенного гиперкортицизма на энергетику мышечного сокращения у белых крыс	263
<i>Филимонов Д.А., Белоцерковская М.А., Трубникова Н.Н., Кисиленко И.А., Бурцева А.А.</i> Обоснование возможного применения нейропротекторов на основе гормонов щитовидной железы для улучшения функционального исхода ишемического инсульта	266
<i>Филимонов Д.А., Ересько А.Б., Белоцерковская М.А., Трубникова Н.Н., Кисиленко И.А., Глебова А.Э.</i> Структурно-модифицированные аналоги тиронаминов и перспектива их применения в качестве нейропротекторов	269
<i>Фролов В.К., Дурдыевиева Н., Мишина О.Г.</i> Влияние содержания железа и меди в питьевой воде и почве на заболеваемость населения	272

<i>Ченикалова А.С., Панчишко А.С.</i> Роль селена в физиологии и патологии щитовидной железы	275
<i>Чернова Е.Ю.</i> Фармакологический потенциал полипренилфосфатов при сердечно-сосудистых заболеваниях: новые подходы к лечению атеросклероза	276

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аналитическая химия

<i>Добрыдин А.В., Шама М.А.</i> Экстракционные системы при выделении РЗЭ из многокомпонентных растворов	279
<i>Матвиенко О.А., Рокурн А.Н.</i> Цветометрическое определение п-метиланилина в бензине	280
<i>Матвиенко О.А., Щепина Н.Д.</i> Микроэкстракционно-цветометрическое определение сурьмы с кристаллическим фиолетовым в сточных водах	282

Биохимия и органическая химия

<i>Белоусова И.А., Прокопьева Т.М., Котенко А.А.</i> Мицеллярный катализ и роль мостиковой группы в процессах разложения модельных аналогов экотоксикантов	283
<i>Бондаренко В.В., Бахтин С.Г.</i> К вопросу о влиянии протонодонорных реагентов на скорость каталитического нуклеофильного раскрытия эпоксидного цикла	286
<i>Дорошкевич В.С., Баранова О.В.</i> Варьирование структуры активированных эфиров аминокислот в межфазно-каталитических реакциях щелочного гидролиза	287
<i>Клементьева Л.О., Кортаева В.В., Богодист-Тимофеева Е.Ю., Брановицкая Т.Ю.</i> Изучение окислительных свойств масляных экстрактов пряноароматических растений	290
<i>Кравченко Е.М., Дорошкевич В.С., Калашиников К.М.</i> Влияние pH на оксидазное и пероксидазное окисление фенола	293
<i>Кравченко Е.М., Макурина О.В., Дорошкевич В.С.</i> Оделирование УФ-видимого спектра продукта лакказного окисления фенола	295
<i>Макурина О.В., Кравченко Е.М.</i> Концентрирование пероксидазы капусты фракционным осаждением	298
<i>Митрасов Ю.Н., Кондратьева О.В.</i> Рострегулирующие свойства (гем-дихлорцикло-пропил)метиловых эфиров борной кислоты	300
<i>Пузик Г.А., Садеков Д.Р.</i> Компоненты стимулирующего комплекса гуматов-адаптогенов и их влияние на биохимические процессы в растительных организмах	303
<i>Севостьянова Н.Т., Баташев С.А.</i> Синтез сложных эфиров путем карбонилирования: аспекты экологической безопасности процессов и рационального использования сырья	305

Танага А.Д., Калиновская Т.В. Исследование биологически активных соединений в пюре из кизила (<i>Cornus Mas</i> L.) как природного консерванта для кондитерских изделий	308
Туровская М.К., Прокопьева Т.М. Роль концентрирования реагентов и природы микроокружения в мицеллярном катализе реакций гидропероксид- и гипобромит-ионов с ацилсодержащими субстратами	311
Харанеко О.И., Харанеко А.О. Синтетические трансформации 3,4-дигидропиримидинов Биджинелли	314

Неорганическая химия

Белюсова Е.Е., Галимулина И.О., Яблочкова Н.В. О синтезе изополивольфраматов лантана в водной и водно-органических средах	317
Громенко В.О., Капитанчук Е.Ю., Шаповалов В.В. Термодинамика реакций обмена хлоридов двух- и трёхвалентных металлов с оксидами щелочных и щелочноземельных металлов	319
Лесин Д.А. О взаимодействии $V_{10}O_{28}^{6-}$ с VO^{2+} в присутствии крупных катионов в водных растворах	322
Сергеева А.В., Гладышкина А.В., Вахромеев А.Г., Кирюхин А.В., Данилова М.А., Карташева Е.В., Кузьмина А.А., Назарова М.А. Роль вулканизма в формировании литиеносных рассолов сибирской платформы	325
Сидоренко А.О., Чебышев К.А. Изоморфное замещение празеодима на двухвалентные элементы в структуре $Pr_5Mo_3O_{16+\delta}$	328
Шавшина А.Н., Громенко В.О., Капитанчук Е.Ю., Берестовая А.А. Самораспространяющееся взаимодействие в системе $CoSO_4 - SnSO_4 - Na_2O_2$..	330
Шаповалов В.В., Афанасьев В.В., Алехов Ю.А. Магнитно-гравиметрический экспресс-метод определения количественного состава композиционных порошковых материалов, содержащих магнитную компоненту	333
Шатило В.И., Холод А.А., Савицкая В.С. Получение водорастворимого монокалийфосфата на основе технических продуктов	336
Яблочкова Н.В., Куртова В.Д. Изучение возможности получения германатованадата свинца, модифицированного барием и лантаном	339

Физическая химия

Белая Н.И., Белый А.В., Кулик Е.В., Будникова Е.А. Синергическая активность фенол-моносахаридных композиций в реакции с азот-центрированным радикалом	341
Безбожная Т.В., Лобачев В.Л. Сравнение эффективности безметаллических активаторов пероксида водорода в окислении диэтилсульфида	343
Бушуева А.В., Анимца И.Е. Акцепторное допирование цинком гексагонального перовскита $Ba_7In_6Al_2O_{19}$	349
Заболотный А.А., Труш Е.Н., Чалая А.В., Крюк Т.В., Тер-Оганесян Н.В. Влияние неорганических модификаторов на формирование надмолекулярной структуры полимерных композитов на основе полисахаридов	349

<i>Капитонов А.В., Курбатова С.В.</i> Топологический подход к исследованию механизмов удерживания в ОФ ВЭЖХ	352
<i>Ковалев Р.Ю., Никитин А.П.</i> Термоокислительная обработка как способ модификации пека связующего	355
<i>Лозинский Н.С., Мороз Я.А., Зеленский М.Ю., Лозинский Е.Н.</i> Исследование взаимодействия между активированным антрацитом и оксалатом мочевины..	358
<i>Рогатко М.И., Хилько С.Л.</i> Влияние солей модифицированных гуминовых кислот на стабильность эмульсий	361
<i>Севостьянова Н.Т., Баташев С.А.</i> Альтернативные пути синтеза сложных эфиров циклогексанкарбоновой кислоты с использованием СО	364
<i>Сунаргулов А.Б., Бакирова Э.Р., Кулиш Е.И.</i> Применение синтетических полимеров для создания волокон методом электроспиннинга	367
<i>Туровский Н.А., Туровская М.К., Чалая А.В.</i> Ассоциативная модель инициированного $\cdot\text{OH}$ радикалом распада CH_2ClOOH	370
<i>Чабак И.Е., Михальчук В.М., Лыга Р.И., Радченко Д.Э., Глазунова В.А.</i> Эпоксидно-кремнеземные композиты: квантово-химическое моделирование формирования и свойства	373

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ – 2025:
ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ,
КУЛЬТУРА И ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Материалы
X Международной научной конференции,
посвященной 60-летию создания Донецкого научного центра,
5–7 ноября 2025 г.,
г. Донецк

**ТОМ 3
Биологические, химические, медицинские науки
и экология**

под общей редакцией проф. *С.В. Беспаловой*

Дизайн обложки	<i>А.Ю. Гурина</i>
Технический редактор	<i>М.В. Фоменко</i>
Компьютерная верстка	<i>А.И. Сафонов, Н.Д. Щепина</i>

Адрес оргкомитета:

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 283001, ДНР, РФ.
E-mail: *science.prorector@donnu.ru*

Подписано в печать 28.10.2025 г.
Формат 60×84/16. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 22,4.
Тираж 50 экз. Заказ № 25окт121/3.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Издательство ФГБОУ ВО «ДонГУ»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 22
E-mail: *donnu.izdatelstvo@mail.ru*