

БЕЛОРУССКАЯ НАУКА
НА ПУТИ К НОВЫМ
ТОЧКАМ РОСТА

4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
РЕЙТИНГ
РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ

14

ЦИФРОВЫЕ ДАННЫЕ
НА БЛАГО
ОБЩЕСТВА

52

МИКРОЗЕЛЕНЬ.
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ
ПРОДУКТ XXI ВЕКА

58

Наука и инновации

№11 (225)
НОЯБРЬ 2021

научно-
практический
журнал

ЭКО-
ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ
ПРИРОДЫ



ISSN 1818-9857



9 771818 985001 11

ISSN 2412-9372 (online)

KRÜSS

НЕМЕЦКИЙ РАЗРАБОТЧИК
ВЫСОКОТОЧНЫХ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ
ПРИБОРОВ

ОБОРУДОВАНИЕ KRÜSS ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

- Тензиометры.
- Измерители краевого угла смачивания.
- Измерители смачивания на вогнутых поверхностях.
- Тестеры и анализаторы пены.
- Анализаторы формы капли.
- Мобильные анализаторы поверхности.
- Анализаторы шероховатости поверхности.
- Конфокальные микроскопы высокого уровня для текстурного анализа.



Тензиометры



Измерители краевого угла смачивания

**Обеспечим необходимыми приборами для
изучения поверхностных свойств материалов**

Предоставляем полный комплекс работ –
от подготовки оптимального решения и проектирования
до поставки оборудования, монтажа и обучения персонала

Звоните: +375 (29) 640-41-26 **Пишите:** salesTL@theseuslab.by

**Theseus** Lab[®]
theseuslab.by



Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации №388 от 18.05.2009 г.

Учредитель:

Национальная академия наук Беларуси

Редакционный совет:

В. Г. Гусаков – <i>председатель совета</i>	Ж. В. Комарова С. А. Красный Н. П. Крутько
П. А. Витязь – <i>зам. председателя</i>	В. А. Кульчицкий М. В. Мясникович О. Г. Пенязьков
В. В. Байнев	О. О. Руммо
А. И. Белоус	Н. С. Сердюченко
И. В. Войтов	И. А. Старовойтова
И. Д. Волотовский	А. В. Тузиков
С. В. Гапоненко	И. П. Шейко
С. И. Гриб	А. Г. Шумилин
А. Е. Дайнеко	В. Ю. Шутилин
Н. С. Казак	С. В. Харитончик
Э. И. Коломиец	

Главный редактор:

Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович	Татьяна Жданович
Наталья Минакова	Юлия Василюшина

Дизайн и верстка:

Алексей Петров

Маркетинг и реклама:

Елена Верниковская

Адрес редакции:

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.
Тел.: (017) 351-14-46,
e-mail: nii2003@mail.ru,
www.innosfera.by

Подписные индексы:
007 532 (ведомственная)
00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,8.
Тираж 495 экз. Цена договорная.
Подписано в печать 16.11.2021.

Издатель и полиграфическое

исполнение: РУП «Издательский дом «Беларуская навука».
Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.
ЛП №02330/455 от 30.12.2013.
г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №251.

© «Наука и инновации»

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал обязательна.
За содержание рекламных объявлений редакция ответственности не несет.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.
Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Содержание

НАУКА В ФОКУСЕ ВРЕМЕНИ

Владимир Гусаков

Белорусская наука на пути к новым точкам роста 4

Дан обзор наиболее передовых научно-технических разработок НАН Беларуси, перечислены актуальные задачи, стоящие перед научным сообществом.

ТЕМА НОМЕРА: ЭКОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПРИРОДЫ

Наталья Минакова

Экологический рейтинг регионов Беларуси 14

Описаны принципы составления экологического рейтинга развития регионов Республики Беларусь.

Анатолий Лицкевич, Мария Гулькович, Ольга Чезлова

Осадки сточных вод и качество продукции на их основе 16

Выполнена оценка содержания тяжелых металлов в органическом удобрении на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод. Исследованы процессы отмирания санитарно-показательных бактерий осадка в условиях полевого хранения.

Александр Волкович

Газоочистные установки для снижения выбросов в атмосферу 22

Рассмотрены различные виды сооружений и оборудования, предназначенные для очистки воздуха, проанализированы их достоинства, недостатки и перспективы применения.

Александр Яковлев, Галина Булавко, Алла Николайчук,

Ирина Ананьева, Зинаида Алещенкова

Биотехнологии в снижении негативного влияния противогололедных материалов 28

Представлены результаты применения биопрепаратов на основе живых клеток микроорганизмов для решения экологических задач в условиях урбанизированной среды.

Александр Судник, Ирина Вознячук

О воздействии строительства и содержания автодорог на придорожную растительность 34

Представлены результаты многолетнего мониторинга состояния лесной, луговой и болотной флоры вдоль автомобильных путей. Показана необходимость принятия мер по поддержанию устойчивости растений и их сообществ, в том числе корректировки использования противогололедных реагентов.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

Лариса Тригубович

Мотивационный компонент инновационной восприимчивости 42

Рассмотрена экономическая категория «инновационная восприимчивость», показано ее значение для управления инновационным развитием экономики.

Александр Янчук

Инновационная система Индонезии в условиях глобальных изменений 46

В статье обозначены основные тенденции развития национальной инновационной системы Индонезии в условиях глобализации, выявлены проблемы формирования региональных инновационных систем, даны рекомендации по совершенствованию политики их усиления.

ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Ирина Емельянович

Цифровые данные на благо общества 52

Приводятся основные положения Доклада о мировом развитии 2021 г. «Данные для лучшей жизни», в котором рассматривается роль цифровой информации в обеспечении более высокого уровня жизни населения развивающихся стран.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ

Анна Пашкевич, Андрей Чайковский

Микрозелень. Функциональный продукт XXI века 58

В статье рассмотрены технологические аспекты производства высокоценного продукта – микрозелени, его преимущества и перспективы.

*Наталья Адамцевич, Валерий Болтовский,
Виктор Леонтьев, Владимир Титок*

Оценка антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника и листьев воробейника 64

Дана оценка антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного по отношению к грамположительным, грамотрицательным патогенным бактериям и дрожжеподобным грибам.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Наталья Лаптенюк, Светлана Пашук,
Елена Тумар, Елена Шафрановская*

Новые виды хлебобулочных изделий для беременных и кормящих 69

Представлены результаты исследований новых видов хлебобулочных изделий, разработанных с учетом особенностей рациона, необходимого беременным и кормящим женщинам, доказывающие качество и безопасность новинок.

*Али Адиб Хуссейн Али, Людмила Лосева,
Татьяна Крупская, Олег Кузнецов*

Биоэлементный статус организма у лиц с избыточной массой тела 75

Впервые показана возможность применения рентгенофлуоресцентного анализа волос для выявления дисбаланса макро- и микроэлементов в организме мужчин и женщин, что может служить диагностическим критерием нарушений, требующих коррекции рациона.

ИНФОЛИНИЯ

Мария Бовкунович, Оксана Сикорская

Национальное научное взаимодействие посредством публикаций 80

На основе библиометрического анализа отечественных научных публикаций в международной базе Scopus анализируются формы и степень сотрудничества ученых НАН Беларуси со своими коллегами внутри страны и за рубежом. Выявлена корреляция между исследовательской деятельностью и уровнем цитирования работ мировым академическим сообществом.



СТР. 16



СТР. 46



СТР. 58



СТР. 69

БЕЛОРУССКАЯ НАУКА НА ПУТИ К НОВЫМ ТОЧКАМ РОСТА



Владимир Гусаков,
Председатель
Президиума
НАН Беларуси,
академик

Завершается 2021 год, который был насыщен многими знаковыми событиями в жизни отечественной науки. Мы живем в такое время, когда экономический рост любого государства напрямую зависит от интеллектуального капитала, а темпы его приращения определяют устойчивость и динамику развития. Следует подчеркнуть, что Национальная академия наук Беларуси в глобальной гонке за знаниями и инновациями в последнее время стабильно улучшает свои позиции, выполняя крупные системные проекты в различных сферах экономики.

О ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Приоритетные сферы для создания неоиндустриальной структуры белорусской экономики, по которым у нас есть серьезные научно-технические заделы, – это цифровые технологии, робототехника, автоматизация, нанотехнологии и новые материалы, приборостроение, биотехнологии, фармпрепараты, медицинские приборы и техника и многие другие области.

Разработки ученых создают ядро интеллектуальной экономики Беларуси будущего, которая будет отличаться сочетанием традиционных областей специализации, основанных на новейших «цифровых» возможностях, и неоиндустриального комплекса, базирующегося на технологиях высших укладов.

Высокопроизводительный инновационный сегмент должен стать конструктивной альтернативой и импульсом к развитию традиционного сектора экономики. Предприятия получают и ресурсы для обновления технологической базы, и новые технологические решения, созданные усилиями отечественных ученых и инженеров, и новые рабочие места. В ближайшей перспективе нам предстоит сформировать научную базу для искусственного интеллекта и его использования для обработки больших данных и реализации концепции «Интернет всего», продолжить работы по космическим исследованиям и цифровым геоинформационным технологиям. Это найдет свое выражение, например, в создании белорусских спутников со сверхвысоким пространственным разрешением, а также суперкомпьютерных вычислительных мощностей для обработки крупных массивов данных.

Мы широко работаем по проблематике искусственного интеллекта, который станет основой для умных систем в самых различных областях – от смарт-энергетики и умных городов до задач, связанных с принятием управленческих решений и автоматизацией административных процедур.

Среди уже полученных ярких результатов – офисный суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ЦОД РБ» производительностью более 100 трлн операций в секунду. Это в 10 раз больше, чем у предыдущих моделей. На основе академических суперкомпьютерных технологий в настоящее время функционируют: комплекс для проведения испытаний элементов автотранспортных средств; система моделирования и инже-

нерного анализа карданных передач; система расчета гидромеханических трансмиссий; телемедицинская система дистанционных консультаций по цифровым флюорографическим исследованиям; централизованная система электронной выписки лекарственных средств и др.

Нами созданы Республиканский суперкомпьютерный центр коллективного пользования на базе суперкомпьютерных конфигураций СКИФ и базовая инфраструктура для использования информационных технологий в сфере диагностики и создания новых лекарственных форм; программные средства для поиска месторождений углеводородов и калийных солей; информационно-технологическая система анализа геолого-геофизической информации для разведки месторождений нефти и газа, а также многие другие объекты, задающие контуры новой экономики.

Академические ученые успешно решают задачу управления национальным сегментом мировой научно-образовательной компьютерной грид-сети, интегрированным в общее информационно-вычислительное пространство Союзного государства и общеевропейскую компьютерную сеть European Grid Infrastructure. Создана система идентификации и прослеживаемости различных групп товаров AITS (Automation Identification Traceability System), которая сопряжена с российской системой «Меркурий».

Все приведенное составляет, так сказать, элементную базу для реализации новой академической инициативы – IT-града. На настоящий момент эта форма интеграции и координации научно-технического и инновационно-внедренческого потенциала Беларуси объединяет уже ряд академических организаций.

Таким образом, спектр задач, решаемых IT-градом, весьма широк: от научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий и результатов мирового уровня в интересах национальной, экономической, экологической и социально-политической безопасности Республики Беларусь до разработки концепций построения, архитектуры и технологии формирования электронного правительства, электронного здравоохранения, обеспечения безопасности информационных систем.

Данная кластерная структура будет специализироваться на разработке импортозамещающих суперкомпьютерных и «облачных» технологий, центров обработки и хранения информации,

распределенных вычислений, проектирования и принятия решений, анализа и использования объектов дистанционного зондирования Земли, геоинформационных и навигационных систем; автоматической идентификации, маркировки и прослеживаемости товаров (продукции) в цепях поставок, а также интеллектуальных систем мониторинга товарно-транспортных потоков на основе современных международных стандартов в области цифровизации бизнес-процессов торговли, блокчейн-технологий и Интернета вещей.

Области применения разработок IT-града помимо прочего включают энергоэффективные и экологически безопасные технологии и технические средства, аппараты и приборы для энергетики и машиностроения, электронной, радиотехнической, космической отрасли, а также агропромышленного комплекса и стройиндустрии, медицины, химической, пищевой промышленности, транспорта и логистики, добычи и переработки природных ресурсов.

Кстати, это уже третья технопарковая структура в НАН Беларуси, после «Белбиограда» и «Академтехнограда».

О БИОТЕХНОЛОГИЯХ И МЕДИЦИНЕ

В рамках реализации Концепции развития фармацевтической и биотехнологической промышленности Республики Беларусь на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. при научном сопровождении НАН Беларуси в стране была создана и сейчас активно развивается биотехнологическая отрасль.

Академическая наука в данном контексте – самый непосредственный участник, причем не только в качестве методологической и исследовательской основы, но и как обладатель развитой промышленной базы. Например, в 2020 г. в Институте микробиологии открыт Второй пусковой комплекс Научно-производственного центра биотехнологии. Он оснащен современным технологическим оборудованием для ферментации микроорганизмов-продуцентов и получения различных товарных форм биопрепаратов. Прорывом в геной инженерии являются трансгенные животные (козы), продуцирующие молоко с аналогом лактоферрина человека. Мы развиваем это направление, создавая новые элементы биотехнологической отрасли, а также производство биологически активных добавок.

Созданный в Академии Республиканский научно-медицинский центр «Клеточные технологии» с банком стволовых клеток и про-

изводством клеточных продуктов оказывает услуги по лечению трофических язв конечностей, предлагая уникальные решения.

На основе не имеющих аналогов биотехнологий с использованием ферментативного арсенала синтезированы липонуклеозиды – новые формы лекарств, в том числе противоопухолевые, с повышенной биодоступностью и устойчивостью во внутренней среде организма.

В интересах развития агропромышленного комплекса разработаны биотехнологии, которые служат основой для производства инновационной продукции. В их числе геномные технологии оценки и отбора селекционного материала тритикале и сои; биопрепарат «Мультифаг-С» против бактериозов овощных культур; пробиотическая кормовая добавка «Апипро» для пчел; поливидовые замороженные и сухие концентрированные закваски для творога и сыров голландской группы и многое другое.

В 2020 г. в Институте генетики открыт модернизированный Республиканский центр геномных биотехнологий, которым уже выполнено более 24 тыс. анализов по ДНК-тестированию генов, ответственных за индивидуальные особенности человека. В текущем году здесь же создан Центр микробиома, нацеленный на решение ряда фундаментальных и прикладных задач.

В ближайшие годы в результате реализации программы в области геногеографических и геномных технологий идентификации личности планируется создать самые современные ДНК-технологии в криминалистике. Они обеспечат повышение уровня профилактики и раскрываемости преступлений, а также инструментарий для создания баз данных в целях прогнозирования динамики изменения генофондов населения мегаполисов.

Национальная академия наук Беларуси с первых дней распространения и фиксации пандемии активно включилась в процессы решения проблемы. Задействованы многие наши компетенции, в том числе комплексное рассмотрение проблемы, умение найти междисциплинарное решение. Мы помогли полностью укомплектовать приборами и оборудованием несколько исследовательских лабораторий в Минской и Гомельской областях, предложили новейшие аппараты и материалы для выявления, оценки, профилактики и безопасности.

Следует подчеркнуть: разработка вакцины – принципиально новая для Беларуси задача.

Она включает получение лекарственного средства для медицинской профилактики COVID-19. Но что более важно в стратегическом плане, – это формирование междисциплинарного коллектива и научной школы на перспективу, которые будут способны оперативно разрабатывать лекарственные средства против вновь возникающих опасных инфекций.

Прежде всего это биологическая и медицинская безопасность, безопасность человека и страны в целом. И здесь мы не должны ни от кого зависеть. Мы создали Центр вирусологии, чтобы обезопасить страну на перспективу.

По инициативе Академии наук создана и функционирует республиканская Межведомственная рабочая группа по преодолению COVID-19. Это, по сути, координационный центр по выработке оперативных действий, направленных на изучение коронавируса и принятия мер борьбы. В нее вошло более 30 ведущих специалистов, представляющих академическую и вузовскую науку, ученых и организаторов системы здравоохранения. Активно работает специальная группа ведущих ученых в области вирусологии, иммунологии, генетики и клеточной инженерии, которая занята разработкой нашей отечественной вакцины.

Налажено взаимодействие НАН Беларуси с Министерством здравоохранения как на управленческом уровне, так и между организациями и научными коллективами, по вопросам производства диагностических тест-систем, применения стволовых клеток в лечении COVID-19, производства антисептиков и др.

Мы используем и такие интеграционные платформы, как Международная ассоциация академий наук. В структуре МААН создан Научный совет по вирусологии. В его рамках уже проведены совместные обсуждения самых актуальных тем, начиная с вопросов о природе происхождения и подтипах вируса COVID-19, а также об эпидемиологической картине распространения вируса в мире и в Беларуси, заканчивая проблематикой фенотипов COVID-19.

Белорусская вакцина создана. В настоящее время ведутся ее доклинические исследования с использованием разных технологий, в том числе исследования иммуногенности в условиях *in vitro*. В дальнейшем совместно с Министерством здравоохранения будут проведены клинические испытания вакцины, отрабатаны вопросы ее безопасности, переносимости, иммунологической и клинической эффек-

тивности, а также дозировка и кратность. Завершится данный этап регистрацией вакцины в установленном законодательством порядке.

Кроме того, созданы уникальные профилактические и лечебные препараты. Особо хотелось бы обратить внимание на линейку противоопухолевых препаратов, а также на средства диагностики коронавирусной инфекции и лекарства для борьбы с ее последствиями.

Исследования белорусских ученых вплотную приблизились к медицине будущего. Главное в ней то, что будущее определяется именно междисциплинарным характером исследований и разработок на стыке наук. Когда интегрируются не только знания о человеческом организме, но и способы и методы благотворного воздействия на него. Для системы белорусского здравоохранения учеными Академии наук разработаны базовые элементы телемедицины, дистанционного консультирования и диагностики, включая компьютерные медицинские карты и многое другое. Создаются и производятся новейшие лекарственные препараты, биосовместимые материалы с заданными свойствами для трансплантации мезенхимальных стволовых клеток, другие продукты био- и химфармсинтеза. Например, предприятие «Академфарм» выпускает около 40 наименований новейшей фармпродукции.

Благодаря науке медицина получает многие новые технологии, информационные системы и лекарства на основе отечественного оригинального синтеза, включая развитие персонифицированной медицины, профилактики и лечения болезней.

Продолжает развиваться медицинская информационная система с функциями поддержки принятия решений врачей на основе средств искусственного интеллекта для учреждений здравоохранения стационарного типа. Совместно с Минздравом к информационной системе «Электронный рецепт» подключено уже более 600 учреждений здравоохранения и более 2 тыс. аптек, и только за 2020 г. выписано свыше 10 млн электронных рецептов.

Развернуты фундаментальные исследования, в результате которых, например, установлен ряд новых свойств и условий роста опухолевых клеток, которые чрезвычайно важны для создания нового поколения оригинальных лекарственных средств. Разработан высокочувствительный метод распознавания патологических клеток

человека с использованием биосенсоров для диагностики онкогематологических заболеваний.

В ходе исследований фундаментальных основ и внедрения методов персонализации лечения созданы современные технологии получения рекомбинантных ферментов *in vitro* для оценки метаболизма лекарств в организме человека. Внедрен в практическое здравоохранение метод персонализации лечения психических и поведенческих расстройств с применением автоматизированной информационной системы клинической интерпретации результатов фармакогенетического тестирования, учитывая индивидуальные генетические особенности пациента.

О ДОСТИЖЕНИЯХ АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ

Ежегодно НАН Беларуси формирует списки топ-10 и топ-100 самых значимых достижений наших ученых. В последние годы среди важнейших достижений фундаментальной науки можно выделить открытие бозона Хиггса с помощью участия академических ученых в создании и эксплуатации установок «большой науки» и участие в программе экспериментов; установление меры квантованности оптических полей, что открывает новые перспективы развития квантовых вычислений, криптографии и метрологии; создание суперЭВМ семейства «СКИФ», которые вошли в мировые рейтинги самых мощных машин мира.

Подчеркну, что все результаты завершенных научных и научно-технических программ внедрены в практику и используются для развития науки, техники и производства. Причем эти результаты не уступают лучшим достижениям мировой науки. Соответствие мировому уровню – это уже норма оценки белорусских ученых. Например, разработка новой высокотемпературной молекулярно-пучковой технологии для создания транзисторной основы отечественной СВЧ и силовой электроники; создание материалов, устройств и ключевых элементов космических средств и перспективной продукции других отраслей; разработка геномных технологий идентификации личности и индивидуальных особенностей человека.

Среди наиболее значимых результатов академических ученых за последние годы можно назвать не только действующий спутник дистанционного зондирования Земли, но и дизайн нового белорусского спутника высокодетальной

съемки. Спектр разработок «космического» применения включает также технологии обнаружения чрезвычайных ситуаций на магистральных нефтепроводах, очагов пожаров в лесах и на торфяниках по информации со спутников; ключевые элементы информационно-навигационной системы управления движением транспорта; центр приема космической информации, в том числе от перспективного белорусского спутника ДЗЗ; малогабаритную бортовую научную аппаратуру для исследования верхней части атмосферы Земли и многое другое. Мы работаем над тем, чтобы в 1,5–3 раза снизить массу конструкции малых космических аппаратов, до 15 лет увеличить срок их активного существования; в 1,5 раза повысить точность поддержания параметров, перейти на негерметичную компоновку малых космических аппаратов; двукратно удешевить развертывание и поддержание многоспутниковых группировок и в 2–3 раза сократить время разработки элементов космических средств.

Перечень наукоемких разработок можно продолжать: портативный суперкомпьютер; система идентификации и прослеживаемости товаров с использованием RFID-меток; IT-технологии для медицины и системы образования; отечественный электромобиль и малый персональный электротранспорт; серия высокоэффективных лекарственных препаратов на основе собственного синтеза; ДНК-паспортизация человека; высококонкурентные беспилотные летательные аппараты; новые конкурентные сорта сельскохозяйственных растений и породы животных, вся линейка сельскохозяйственных машин.

В планах – создание экспериментальной базы для солнечной и водородной энергетики, организация выпуска новейших светотехнических изделий по типу «умный свет», налаживание опытного производства суперконденсаторов электроэнергии на графеноподобном материале.

В интересах модернизации отечественного машиностроения предстоит разработка образцов обучающей, промышленной и бытовой робототехники. Предполагается освоить производство новых видов металлических композиционных материалов, углепластиков и стеклопластиков, новейших лесохимических и нефтехимических продуктов.

В организациях НАН Беларуси созданы экспериментальные и опытные образцы электротранспорта и его компонентов. Изготовлены опытные образцы электромотора/генера-

тора нового поколения, основные блоки системы управления верхнего уровня. Основные системы автомобиля – тормозная система, рулевое управление, панель приборов и другие – переведены на электрическую энергию и электронное управление. Введено в эксплуатацию уникальное оборудование для исследований и испытаний компонентов силового электропривода транспортных машин.

На основе этих результатов и созданного задела планируется во взаимодействии с предприятиями-партнерами выйти на опытное производство линейки отечественных электромобилей, включая минивэн на шасси JOYLONG EF5; седан на шасси GEELY SC7; типовой ряд каркасных легковых электромобилей с кузовом из стеклопластика; электрогрузовик на шасси средне-тоннажного автомобиля МАЗ; коммунальную машину с электроприводом и даже спортивную гоночную модель. В ближайшей перспективе будет разработан и изготовлен электробус с увеличенной дальностью пробега и низкопольной посадкой.

В области нанотехнологий и наноматериалов созданы сенсоры магнитного поля для применения в изделиях ракетно-космической техники; программно-аппаратный комплекс для



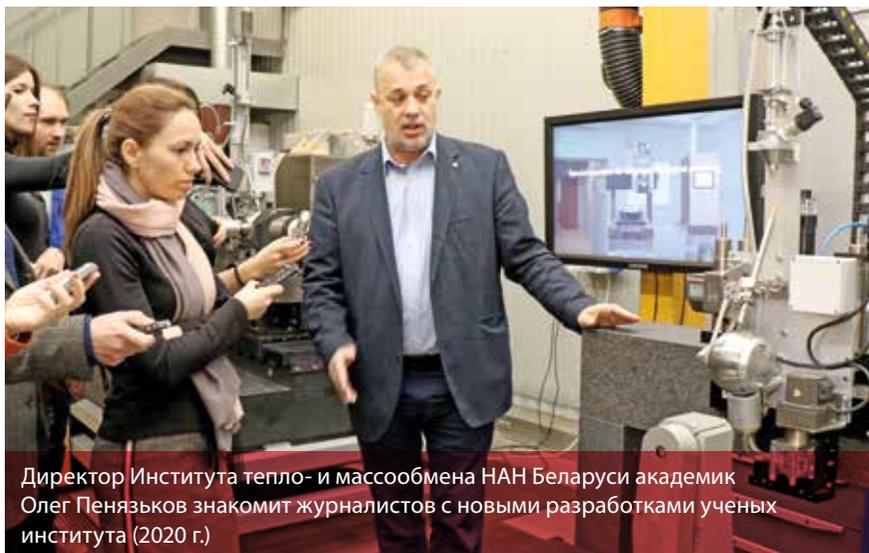
Макет нового Российско-белорусского космического аппарата (2021 г.)

фото Сергея Дубовика

сборки и манипулирования микро- и нанообъектами стоимостью на порядок дешевле зарубежных аналогов; технологии и техника контроля и сертификации наноразмерных материалов и композитов на их основе и другие разработки. Полученные разработки уже используются в промышленности, например, уникальное научно-исследовательское оборудование для проведения триботехнических испытаний и созданная линейка антифрикционных и износостойких материалов, которые применяются в кузнечно-штамповочном производстве и при изготовлении автотракторной и сельскохозяйственной техники. А исследования процессов спекания крем-

ния и углерода с нанодобавками позволили сформировать конструкционные элементы для создания облегченных подложек оптических зеркал большого размера для систем дистанционного зондирования Земли. Стоит назвать также освоение промышленного производства уникального микроудобрения «Наноплант», которое предназначено для широкого применения. Оно не только защищает растения, но и повышает их продуктивность.

Разработаны нанокompозитные мембраны на основе наночастиц алюмосиликата, которые могут использоваться



Директор Института тепло- и массообмена НАН Беларуси академик Олег Пенязков знакомит журналистов с новыми разработками ученых института (2020 г.)

фото Сергея Дубовика

для дегидратации органических растворителей в химической, фармацевтической и пищевой промышленности.

В интересах развития электротранспорта создан матричный композитный материал с трехмерной углеродной сеткой из модифицированного нанопористого стеклоуглерода и на его основе изготовлен лабораторный тестовый суперконденсатор для бесперебойного электропитания.

Синтезированы новые металл-полупроводниковые наноструктуры с использованием полупроводниковых нанокристаллов – квантовых точек и наночастиц золота разной формы для применения металлических наноструктур в светоизлучающих устройствах, включая светодиоды и дисплеи.

С использованием технологий высших классов созданы отечественные защитные электромагнитные экраны, установленные в японском космическом аппарате, который 1 октября 2021 г. сделал первые снимки Меркурия.

Таким образом, мы не только не отстаем от мировой науки по ряду ключевых направлений, но и являемся лидерами. В данном контексте уместно напомнить, что сейчас НАН Беларуси является штаб-квартирой Международной ассоциации академий наук, координируя деятельность этой представительной организации, объединяющей крупные научные центры на пространстве СНГ и других стран. Сейчас в МААН ключевые исследовательские работы ведут 24 научных совета, в том числе, созданные в 2020 г. научные советы по вирусологии, нанотехнологиям и наноиндустрии.

В 2018 г. НАН Беларуси была принята ассоциированным членом Научного комитета по изучению Антарктики, а в 2020-м над Белорусской антарктической станцией «Гора Вечерняя» в 13-й раз поднят государственный флаг Республики Беларусь и флаг Национальной академии наук Беларуси в честь открытия нового антарктического сезона. Сейчас сформирован состав 14-й Белорусской антарктической экспедиции. Отмечу, что мы работаем в рамках 4-го этапа Государственной программы исследований полярных регионов Земли: первый этап стартовал в 2006 г., а в августе 2021 г. мы отметили 15-летие программы.

Надо сказать, что белорусская наука не просто демонстрирует «эффект присутствия» на Южном полюсе. Мы ведем активные научные исследования, ценность которых крайне высока ввиду уникальности этого континента. В частности,

на основе комплексного геологического анализа магнитных исследований построены Карты прогноза минерально-сырьевой базы Вечернегорской площади. С использованием Белорусского космического аппарата проведена съемка территории в районе станции и получены новые данные спектров отражения снежного и ледового покровов. Отобраны образцы ихтиофауны для биологических исследований в институтах НАН Беларуси. И таких результатов исследований немало количество. Можно констатировать, что Беларусь в Антарктике серьезно и надолго.

Нельзя сбрасывать со счетов и исследования отечественных ученых-гуманитариев. Ведь именно человек, его духовный мир, мировоззрение формируют наш завтрашний день. А национальная история и культура, язык и литература, философия и социология сегодня – важнейшие инструменты становления гражданственности, патриотизма и духовно-мировоззренческого начала личности.

Академическая социология успешно изучает специфику формирования исторической памяти и национального самосознания, в том числе социальные последствия и риски процессов цифровизации основных сфер белорусского общества. Наиболее востребованными со стороны государства сегодня являются социологические исследования, которые позволяют принимать взвешенные управленческие решения в ряде сфер в целях достижения социально-политической стабильности общества и экономического роста.

Также нельзя не сказать о том, что, например, философы предложили концептуальную модель развития белорусской философской и общественно-политической мысли. Они показали особенность и уникальность отечественной интеллектуальной культуры во взаимосвязи с западной и восточной традицией. В этой связи ведется работа по формированию много томника «История философской и общественно-политической мысли Беларуси», который станет охватывать развитие интеллектуальной культуры Беларуси в эпохи Средневековья, Ренессанса, Реформации и барокко, Просвещения.

Завершается и скоро увидит свет фундаментальный труд по исторической мудрости белорусского народа.

Учеными-историками подготовлен и опубликован уникальный 5-томный фундаментальный труд «История белорусской государственности». Впервые в белорусской археоло-

гической науке полностью исследовано городище «Обчин» в Любанском районе, которое относится к милоградской культуре железного века. В Национальном парке «Беловежская пуща» создан первый в нашей стране археологический музей под открытым небом.

Активно участвуем в реализации проекта «Общеславянский лингвистический атлас». На сегодняшний день опубликовано 16 выпусков. Это крупнейший проект в истории мировой лингвистической географии, над которым работают языковеды 12 славянских стран и Германии.

Практически вся научная база в области гуманитарных наук в стране – это разработки научных организаций и ученых НАН Беларуси.

О ФИНАНСИРОВАНИИ НАУКИ

Человечество всей своей историей доказало: наука – это не только общественное благо, достижения которого в равной мере принадлежат всем, а в последнее время – ведущий драйвер экономического роста. Коронавирусная пандемия убедила: без науки, без самоотверженного труда ученых последствия могут быть катастрофическими для всей цивилизации. Поэтому все государства, понимая предельную важность новейших знаний, вкладывают в науку. Естественно, располагаемые ресурсы не у всех одинаковы. Но решение проблемы наращивания финансирования науки может быть достигнуто как по линии аккумуляции кадрового потенциала и совершенствования материально-технической базы, так и путем концентрации имеющихся средств на прорывных проектах будущего, с которыми связываются наибольшие выгоды. Кроме того, важно максимально использовать преимущества работы на кооперации с зарубежными учеными.

Сейчас в академической среде доля средств государства составляет примерно одну треть. Две трети – привлечены в рамках коммерческих контрактов и организации производств самими учеными. Вместе с тем бюджетные средства направляются в науку не для ее содержания. Они строго привязаны к выполняемым программам и проектам, где прописаны конкретные результаты. Говоря иными словами, бюджетные ресурсы – это оплаченный государством заказ науке, в том числе и по тем направлениям, которые не поддаются прямой коммерческой оценке, таким как гуманитарная, научно-инновационная

и информационная безопасность, социокультурное развитие, национальная культура.

В целом в Академии наук взят курс на развитие внебюджетных форм привлечения средств: от работы по заказам, в том числе зарубежным, до формирования собственной производственной базы и активизации участия ученых в коммерциализации результатов исследований. Есть основания утверждать, что наши усилия достаточно плодотворны. За последние годы в стране почти на четверть выросло количество освоенных новшеств и более чем в 2 раза (до более чем 10 млрд долл.) увеличился объем выпуска наукоемкой и инновационной продукции, полученной в результате внедрения разработок ученых.

Практически в каждой научной организации Академии образованы коммерческие и хозрасчетные структуры. Например, на полную мощность заработал химико-фармацевтический кластер, создающий и выпускающий фармпрепараты «под ключ».

А в целом в организациях НАН Беларуси функционирует более 100 производств, а также 17 отраслевых лабораторий. Действует более чем 100 договоров о сотрудничестве с академиями наук, научными центрами из 65 государств. Организации Академии выполняют коммерческие контракты с партнерами из 59 государств. Работает 38 международных исследовательских центров и лабораторий. Все это позволяет Академии наук не только успешно решать уставные задачи, но и работать на экономику страны.

Всем понятно, что поле деятельности ученого – это сфера инкогнито, область непознанного. Движение по ней, как ни в какой другой деятельности, сопряжено с рисками и вероятностью ошибок. Тем не менее хорошо известно, что отрицательный результат, особенно в фундаментальной науке, – тоже результат, сигнализирующий о бесперспективности того или иного направления, по крайней мере, на уровне современных представлений о закономерностях мироздания. Это позволяет в будущем переориентировать поток ресурсов в более многообещающее русло научного поиска.

Жизнь не стоит на месте, и актуальность механизмов «тонкой настройки» инновационной системы к современным трендам остается на повестке дня. Думается, что следует продолжить проработку вопросов системного стимулирования привлечения средств, прежде всего многих форм инвестиций в научную, научно-техническую и инновационную сферу.



«Фестиваль науки» в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (2021 г.)

Фото Сергея Дубовика

Определить критерии отбора высокорисковых, но одновременно и потенциально высокоэффективных, научных и научно-технических проектов, предусмотрев как «право на риск» для ученых, так и возможность предоставления им объективно необходимых преференций.

О КАДРАХ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУКИ

Кадры, и особенно молодежь, заслуживают особого внимания. Это наше будущее. Целевым критерием для нас является не количество, а профессионализм и качественный потенциал. В отличие от других сфер, от нас талантливая молодежь не уходит, с удовольствием закрепляется и творчески трудится. Достаточно сказать, что мы принимаем в состав Академии ежегодно 320–350 лучших выпускников вузов, готовим их через магистратуру, аспирантуру, докторантуру и соискательство. В итоге средний возраст научных работников Академии наук сейчас составляет около 46 лет, тогда как еще совсем недавно он превышал 60 лет. Доля исследователей в возрасте до 29 лет выросла за последние 5 лет с 18% до почти 30% всего состава. Из них 13% – это молодые кандидаты наук.

Вопросы решаем комплексно, создаем условия для творческого труда – самореализации, быстрой публикации и внедрения результатов, зарубежных стажировок и др. Действует проект молодой ученый «под ключ», принята разветвленная система премирования.

Возможности заработать практически не ограничены: через договоры с предприятиями, международные гранты, прямые продажи продукции, работы по тематике в лабораториях и другие. Решаем проблему жилья.

Ежегодно проводятся открытые конкурсы на соискание стипендий Президента Республики Беларусь. Например, на 2021 г. такие стипендии назначены 97 талантливым молодым ученым и 66 аспирантам. Из специального фонда Президента Республики Беларусь по поддержке талантливой молодежи каждый год выделяются поощрительные стипендии по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов. Указом Президента Республики Беларусь от 06.09.2011 г. №398 (ред. от 07.05.2020) «О социальной поддержке обучающихся» в 2020 г. были в очередной раз повышены стипендии аспирантам и докторантам.

В рамках Академии наук есть также ряд премий и грантов, для выполнения научно-исследовательских работ проводятся конкурсы



Выпускники магистратуры Института подготовки научных кадров НАН Беларуси (2021 г.)

Фото Сергея Дубовика

среди докторантов, аспирантов и соискателей. В прошлом году обладателями таких грантов стали 34 молодых ученых.

На систематической основе проходит конкурс «100 талантов НАН Беларуси», и по его результатам ежегодно обновляется соответствующий банк данных.

Существенным элементом поддержки молодых ученых является участие в конкурсах на соискание именных премий НАН Беларуси. В частности, это конкурсы имени академика В.М. Игнатовского (в области гуманитарных и социальных наук), имени академика В.Ф. Купревича (в области биологии, химии и наук о Земле, медицины и аграрных наук), имени академика Ж.И. Алфёрова (в области физики, математики, информатики, физико-технических и технических наук).

В Академии наук не только сохранены все ведущие научные школы, созданные ранее, но и организованы новые, особенно в таких новейших сферах, как ИТ-сфера, наносфера, биосфера, композиты. Сейчас формируем в атомной отрасли, восстанавливаем в микроэлектронике, радиоэлектронике и роботизации.

Ученые Академии наук систематически проводят мероприятия, ориентированные на преподавателей, школьников и студентов, а также участвуют в подготовке учебников, учебных пособий и методических материалов. Так, в 2020 г. действовало 237 соглашений о сотрудничестве с учреждениями образования на двух- и многосторонней основе. Функционировало 54 совместных с вузами кафедр, лабораторий, центров и филиалов. Многие ученые Академии работали в советах по защите диссертаций в научных организациях и учреждениях высшего образования страны.

Формируется сеть базовых среднеобразовательных школ, лицеев, гимназий: чем раньше молодой человек заинтересуется и займется наукой, тем лучше.

Важную роль в системе выявления и привлечения в науку молодых талантливых юношей и девушек играет Совет молодых ученых НАН Беларуси, который координирует работу Советов молодых ученых во всех подчиненных организациях. В его составе – 2200 человек. То есть это практически каждый четвертый научный работник Академии. В последнее время по инициативе Совета организованы форум научной молодежи «Путь в науку»; XVII Международная молодежная конференция «Молодежь в науке – 2021»; X Международный научно-практический

семинар для студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей и другие мероприятия.

Кроме того, проведен ряд мероприятий, которые вызвали неподдельный интерес у молодых ученых, студентов и школьников. Это Республиканский молодежный форум «Беларусь интеллектуальная»; VI Международный турнир среди студентов и магистрантов стран Европы «Студенческий турнир научных перспектив – 2020»; III научно-практическая конференция молодых исследователей Института истории НАН Беларуси «ARS LONGA: научные достижения и перспективы»; IX Международная школа-конференция молодых ученых и специалистов «Современные проблемы физики» и многие другие.

В целях повышения общественного статуса НАН Беларуси и популяризации научных достижений наряду с такими традиционными научно-организационными мероприятиями, как пресс-конференции и круглые столы, регулярно проводятся выставки, в том числе в школах, гимназиях и университетах, а также презентации, семинары, культурные мероприятия.

Достаточно сказать, что только в январе-декабре 2020 г. проведено свыше 53 пресс-конференций и круглых столов на площадках Национального пресс-центра Республики Беларусь, пресс-центра Дома прессы и ведущих средств массовой информации. Компетентные ученые Академии активно выступают с комментариями в газетах, на радио и телевидении, в электронных СМИ.

Традиционной формой стало проведение пресс-туров в научные организации Академии наук. В текущем году только по тематике программ Союзного государства было проведено три таких пресс-тура. Совет молодых ученых Академии систематически проводит дни открытых дверей для школьников и студентов.

Стал хорошей традицией для многих взрослых и детей Международный «Фестиваль науки», организуемый Академией наук в начале каждого учебного года. Например, в сентябре текущего года гостей фестиваля принимали на своих площадках университеты, музеи, школы робототехники и даже те лаборатории Академии, которые в обычное время закрыты для посторонних.

И таких мероприятий бесчисленное количество. Каждый день в Академии наук происходит что-то новое. Кто однажды серьезно столкнулся с миром науки, тот уже становится полным ее сторонником. ■

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЙТИНГ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ



Благоприятная окружающая среда и высокое качество жизни людей стали целью и мотиватором создания и внедрения рейтинга экологического развития регионов Беларуси. Проект, инициированный главой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Андреем Худыком, призван отразить статус различных областей республики и результаты работы местных властей по обеспечению экологического благополучия населения. Методическая база для этого подготовлена РУП «ЦНИИКИВР» и утверждена Минприроды. Основным документом является Технический кодекс установившейся практики ТКП 17.02–19–2021 «Охрана окружающей среды и природопользование. Рейтинг экологического развития регионов Республики Беларусь. Технические требования» от 01.07.2021 г.

Данные для его составления получают методом количественной оценки и сравнительного анализа показателей экологического развития отдельных административно-территориальных единиц нашей страны. Рассчитываться и составляться рейтинг будет на основании исходных сведений, сформированных в соответствии с национальным законодательством в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, учитывая международные подходы, реализуемые договоры и соглашения в данной сфере. Цель проекта – стимулирование экологически ориентированного управления развитием регионов.

В Беларуси такой рейтинг вводится впервые. В мировой практике подобные проекты осуществляют международные организации и подразделения Организации Объединенных Наций: Организация экономического сотрудничества и развития, Европейское агентство по окружающей среде, Комитет по экологической политике Европейской экономической комиссии ООН, Программа ООН по окружающей среде и др.

В Беларуси объектами мониторинга и изучения станут районы, областные центры и город Минск. Для расчета показателей будут использованы агрегированные первичные статистические данные по формам государственной и ведомственной (нецентрализованной) статистической отчетности и административные сведения Минжилкомхоза, Минприроды, Минсельхозпрода, Госкомитета по стандартизации, Минздрава, МВД, Госкомитета по имуществу, НАН Беларуси и иных республиканских органов государственного управления; данные реестров и кадастров, а также формируемые Национальной системой мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС); нормативы качества окружающей среды.

Методология экологического рейтинга позволяет ранжировать районы Беларуси по 37 показателям в 3 категориях, каждая из которых вносит свой вклад в итоговый рейтинг района. Среди них:

- *текущее состояние и использование компонентов окружающей среды (30%);*
- *воздействие на нее экономической деятельности (30%);*
- *управление этим воздействием и эффективность экологической политики (40%).*

В каждой из 3 категорий выделено от 4 до 6 групп показателей, включающих 1–4 параметра, по каждому из которых район получает баллы (таблица).

КАТЕГОРИЯ	ГРУППА ПОКАЗАТЕЛЕЙ	КОЛИЧЕСТВО ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	Водные ресурсы, водопользование	3
	Атмосферный воздух	3
	Земельные ресурсы и почвы	3
	Биоразнообразию	3
ВОЗДЕЙСТВИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	Производственная сфера	2
	Сельское хозяйство	3
	Жилищно-коммунальное хозяйство	3
	Обращение с отходами	4
	Энергетика	1
	Транспорт	1
УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ	Эколого-экономические показатели	3
	Реализация местных природоохранных инициатив и участие в международном сотрудничестве	2
	Участие общественности в решении экологических вопросов	2
	Экологическое образование и просвещение	4

Таблица. Распределение показателей по группам и категориям для составления и расчета рейтинга экологического развития районов

Их количество зависит от позиции по отношению к другим регионам в пределах диапазона, задаваемого худшим по этому индикатору, и желаемой цели. Полученные значения сравниваются с величиной допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду; целевым значением, установленным для конкретного показателя в действующих государственных стратегиях, программах и иных документах; величиной параметра за год, предшествующий анализируемому; данными по районам и городам.

Для расчета баллов проводится операция линейного масштабирования (нормирования), заключающаяся в определении положения того или иного района (города) среди других с присвоением баллов от 0 до 100, где 100 баллов характеризуют район или город как абсолютного лидера по показателю, а 0 баллов – как безусловного аутсайдера.

К примеру, определение баллов в зависимости от нижеприведенных условий, осуществляется для направленного на увеличение показателя по формуле:

$$score = \left[\frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \cdot 100 \right]$$

где x – значение показателя по району или городу;
 x_{max} – максимальное значение показателя по районам или городам;
 x_{min} – минимальное значение показателя по районам или городам.

Аналогичный подход использован и при формировании данных для экологического рейтинга областных центров и Минска, объединяющего 31 показатель в тех же 3 категориях.

Результаты рейтинга экологического развития регионов будут размещать на официальном сайте Минприроды и в ежегодном информационно-аналитическом обзоре «Состояние природной среды Беларуси».

Среди наиболее важных задач рейтинга: сбор сведений об экологическом состоянии регионов для их последующего ранжирования по комплексу показателей, затрагивающих вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов; улучшение качества среды и повышение экологической безопасности за счет выявления и определения проблем на рассматриваемой территории для дальнейшего планирования, разработки и реализации восстановительных мероприятий. Рейтинговая оценка позволит повысить качество экологической информации и координировать деятельность управляющих субъектов. Такие данные чрезвычайно важны для составления объективной и полной картины о состоянии окружающей среды в регионах для дальнейшего принятия грамотных управленческих решений. **■**

Наталья МИНАКОВА



Анатолий Лицкевич,
завлабораторией
Полесского аграрно-
экологического
института
НАН Беларуси



Мария Гулькович,
научный сотрудник
Полесского аграрно-
экологического
института
НАН Беларуси



Ольга Чезлова,
научный сотрудник
Полесского аграрно-
экологического
института
НАН Беларуси

В Беларуси продолжается процесс интенсивного накопления отходов. Согласно Национальной стратегии по обращению с ТКО и вторичными материальными ресурсами, к 2035 г. уровень переработки их органической части путем биотермической обработки и метанового сбраживания должен составить 23%. Сегодня доля компостирования отходов не превышает 1,5%, при этом применяемые методы являются длительными, а компост получается невысокого качества с ограниченной зоной применения (для озеленения, восстановления земель на месте свалок, ухода за лесонасаждениями). Для культурного земледелия он не подходит вследствие загрязнения тяжелыми металлами (ТМ), неор-

ганическими примесями [1] и патогенными бактериями.

Использование в сельском хозяйстве осадков сточных вод (ОСВ) в качестве органического удобрения зачастую приводит к загрязнению почв ТМ. При этом изменяется не только общее содержание тяжелых металлов, но и подвижность, фракционный состав соединений. Они опасны высокой токсичностью и вовлеченностью в биологический круговорот без предварительной трансформации [2].

Целью нашего исследования стала оценка возможности производства органических удобрений на основе ОСВ. Выполнен анализ содержания тяжелых металлов в их составе, в почве при их внесении и в малоопасных производственных отходах. Изучены процессы отмирания санитарно-показательных

ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ

УДК 628.381.1

бактерий осадка при полевом хранении в холодный и теплый периоды года и проведен мелкоделяночный полевой эксперимент для выявления возможного загрязнения почвы при внесении изучаемого материала.

Объект исследования – обезвоженный ОСВ Брестского мусороперерабатывающего завода, образующийся в результате анаэробного сбраживания смеси сырого осадка и уплотненного избыточного активного ила. Субстрат представляет собой водонасыщенную пластичную органическую массу серо-черного цвета, влажностью 85%, достаточно технологичную в погрузке, транспортировке и внесении в почву.

Экспериментальная площадка для испытаний находилась в пределах сельхозугодий ОАО «Рита» (Малоритский р-он Брестской обл.). Для

оценки влияния удобрения на почвы в мелкоделяночном полевом эксперименте проведены 4 опыта, каждый из которых продублирован четырьмя в следующих вариантах:

- *контроль, почва сельхозугодий без внесения удобрения;*
- *с удобрением на основе обезвоженного ОСВ, 10 т/га;*
- *с использованием данного удобрения в объеме 30 т/га;*
- *с добавлением 100 т/га ОСВ.*

Валовое содержание ТМ в обезвоженном сброженном ОСВ и почвах определялось атомно-абсорбционным методом, бактериологические показатели получены по стандартным методикам, принятым на территории республики.

Содержание ТМ в составе малоопасных производственных отходов, образующихся в результате деятельности Брестского мусороперерабатыва-

ющего завода, и в составе органического удобрения на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод представлено в *табл. 1*. Влажность ОСВ составила 88%, что соответствует требованиям разработанных ТУ ВУ291000450.003–2021. Превышений содержания ТМ во всех исследуемых субстратах фактической влажности не отмечено.

По данным литературных источников количество микроэлементов в ОСВ колеблется в достаточно широких пределах: медь 50–4000, цинк 70–40 000, марганец 60–4000, кобальт 2–300 мг на 1 кг сухого вещества [3–7].

Установлено, что с урожаями сельскохозяйственных культур на уровне 30–35 ц зерновых, 200–300 ц картофеля и 50–60 ц сена с 1 га ежегодно выносятся по 100–600 г цинка

	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Co	Cr
ПДК	32	0,5	66	110	1000	–	20	20	100
Фактическая влажность									
Удобрение (партия 1)	2,214	0,084	5,5596	51,631	6,69	336,85	2,4936	0,1716	4,4808
Удобрение (партия 2)	2,4696	0,1128	13,635	102,36	12,813	772,31	2,166	0,1836	8,1
ОСВ	3,648	0,03	17,877	97,182	16,491	794,07	5,9208	0,6396	11,319
Сухое вещество									
Удобрение (партия 1)	18,45	0,7	46,33	430,26	55,75	2807,1	20,78	1,43	37,34
Удобрение (партия 2)	20,58	0,94	113,63	853,02	106,78	6435,9	18,05	1,53	67,5
ОСВ	30,4	0,25	148,98	809,85	137,43	6617,3	49,34	5,33	94,33

Таблица 1. Содержание ТМ в составе отходов производства и удобрениях, мг/кг

и марганца, 30–200 г меди, 1–6 г кобальта, 3–15 г молибдена. Расчеты показывают, что внесение 1–4 т сухого вещества ОСВ с содержанием указанных элементов на уровне ПДК может на 8–10 лет обеспечить бездефицитный баланс микроэлементов в севообороте. Это очень важно, поскольку почвы с низким содержанием микроэлементов составляют в различных районах страны от 10 до 40% пашни, а промышленное производство микроудобрений весьма ограничено.

При внесении органического удобрения на основе обезвоженного сброженного ОСВ нельзя допускать загрязнения почв ТМ. Для выявления чего проведен мелкоделяночный полевой эксперимент (табл. 2.).

Опыт показал, что внесение удобрения дозами 10–100 т/га не приводит к превышению ПДК в почвах по свинцу, марганцу, никелю, хрому, кадмию, кобальту. В трех случаях из шести наблюдалось незначительное превышение по меди (0,05–0,35). По цинку только в одном варианте опыта при максимальной дозировке 100 т/га содержание данного ТМ находилось на уровне ПДК. Учитывая, что и медь, и цинк необходимы для роста и развития растений, их содержание в урожае не будет превышать норму за счет эффекта «ростового разбавления». Кадмий и кобальт не были обнаружены в образцах почвы после внесения удобрения.

Выявлено, что применение исследуемого материала дозами 10–30 т/га не ухудшает качество почв по ТМ, а в дозе 100 т/га приводит к увеличению содержания меди и цинка до уровня ПДК.

Изучение санитарно-бактериологического состояния ОСВ Брестского мусороперерабатывающего завода для оптимизации процессов обеззараживания при производстве удобрения проводили в двух направлениях:

Оценка степени самоочищения ОСВ в бурте при закладке его в теплый (апрель – октябрь) и в холодный (ноябрь – март) период года. Выделение данных временных отрезков обусловлено началом и концом вегетационного периода, когда сред-

Вариант опыта		Валовое содержание ТМ, мг/кг					
		Pb	Cu	Zn	Mn	Ni	Cr
Контроль		6,9	55,79	29,4	26,71	0	3,55
Партия удобрения 1	10 т/га	7,5	68,69	32,52	25,98	0	3,48
	30 т/га	8,37	73,14	46,87	24,55	0	3,71
	100 т/га	7,22	46,15	58,11	30,18	1,26	5,25
Партия удобрения 2	10 т/га	6,38	39,52	27,56	27,87	0	3,86
	30 т/га	7,95	89,98	42,83	23,37	0	3,97
	100 т/га	7,87	55,81	109,81	29,49	0,73	5,45
ПДК		32	66	110	1000	20	100

Таблица 2. Содержание ТМ в почвах при внесении удобрения органического на основе обезвоженного сброженного ОСВ

немесячные температуры проходят через отметку +5 °С.

Оценка влияния микробиологической составляющей ОСВ на почвы сельхозугодий в мелкоделяночном полевом эксперименте.

Свежий осадок сточных вод Брестского мусороперерабатывающего завода содержал значительное количество санитарно-показательных микроорганизмов: бактерии группы кишечной палочки (БГКП) обнаруживались в количестве от $2,4 \times 10^3$ до $2,1 \times 10^4$ КОЕ (колониеобразующие единицы)/г, содержание энтерококков – $(1,2-5) \times 10^4$ КОЕ/г осадка фактической влажности. Патогенные бактерии (в том числе сальмонеллы) в ОСВ обнаружены не были.

Микробиологический анализ выявил снижение количества санитарно-показательной микрофлоры осадков в зависимости от времени их выдерживания в буртах при полевом хранении (табл. 3).

Через два месяца хранения в бурте содержание санитарно-показательных бактерий в ОСВ снизилось до количества менее 10 КОЕ/г. Патогенные бактерии (в том числе сальмонеллы) обнаружены не были.

Исследования микробиологических характеристик ОСВ в холодный период проводилось в течение 3 месяцев от момента закладки бурта (табл. 4) с периодичностью две недели.

Через два месяца после складирования количество БГКП снизилось почти на два порядка, но количество энтерококков было существенным – $(9,33 \pm 0,58) \times 10^3$ КОЕ/г и затем уменьшалось незначительно. Патогенные бактерии (в том числе сальмонеллы) в образцах обнаружены не были.

Образец	БГКП, КОЕ/г	Энтерококки, КОЕ/г	Патогенные бактерии, КОЕ/г
ОСВ 1 месяц хранения	$(3,33 \pm 0,58) \times 10^2$	$(6,67 \pm 1,15) \times 10^2$	не обнаружены
ОСВ 2 месяца хранения	<10	<10	не обнаружены
ОСВ 3 месяца хранения	<10	<10	не обнаружены

Таблица 3. Санитарно-бактериологические показатели ОСВ фактической влажности при полевом хранении в теплый период ($M \pm m$), $n=2$.

Примечание: M – среднее арифметическое, m – стандартное отклонение

Образец	БГКП, КОЕ/г	Энтерококки, КОЕ/г	Патогенные бактерии, КОЕ/г
ОСВ 1 месяц хранения	$(1,83 \pm 0,15) \times 10^4$	$(2,17 \pm 0,21) \times 10^4$	не обнаружены
ОСВ 1,5 месяца хранения	$(2,03 \pm 0,15) \times 10^3$	$(1,10 \pm 0,10) \times 10^4$	не обнаружены
ОСВ 2 месяца хранения	$(9,67 \pm 1,53) \times 10^2$	$(9,33 \pm 0,58) \times 10^3$	не обнаружены
ОСВ 2,5 месяца хранения	$(7,67 \pm 1,53) \times 10^2$	$(6,03 \pm 0,15) \times 10^3$	не обнаружены
ОСВ 3 месяца хранения	$(2,33 \pm 0,58) \times 10^2$	$(4,13 \pm 0,12) \times 10^3$	не обнаружены

Таблица 4. Санитарно-бактериологические показатели ОСВ фактической влажности при полевом хранении в холодный период ($M \pm m$), $n=2$.

Примечание: M – среднее арифметическое, m – стандартное отклонение

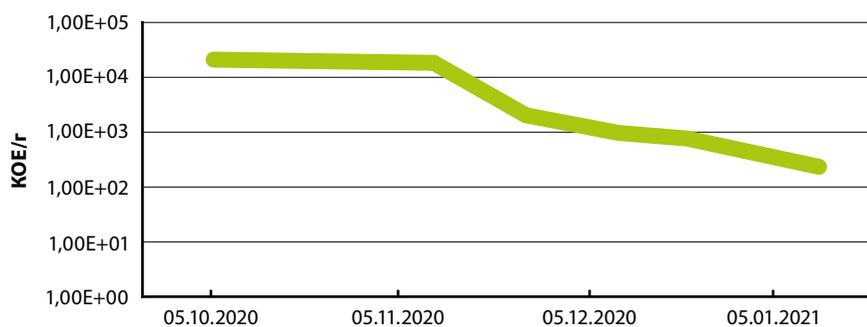


Рис. 1. Динамика отмирания БГКП в ОСВ при полевом складировании в холодный период

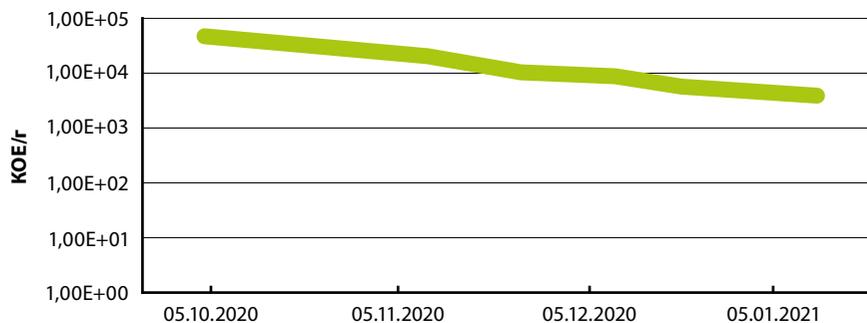


Рис. 2. Динамика отмирания энтерококков в ОСВ при полевом складировании в холодный период

Наименование показателя	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R ²	Значимость F-критерия	D-значения, дни	Коэффициент отмирания k, день ⁻¹
БГКП	$N_{\text{БГКП}} = e^{10,51-0,05^*t}$	0,88	0,006	46,30	0,048
Энтерококки	$N_{\text{ЭНТ}} = e^{10,80-0,03^*t}$	0,98	9,61E-05	78,74	0,03

Таблица 5. Уравнения линейной регрессии отмирания БГКП и энтерококков в ОСВ

На рис. 1 и 2 отражен ход отмирания колиформ и энтерококков в ОСВ в холодный период. Для описания динамики отмирания санитарно-показательной микрофлоры проведен регрессионный анализ. Выведены уравнения регрессии, имеющие значимые параметры, проведены расчеты на их основе (табл. 5). С помощью полученных зависимостей рассчитаны 10-кратные сокращения численности бактерий. Так, для БГКП было необходимо 46,3 дня для 90%-ного уменьшения количества микроорганизмов. Для энтерококков этот

показатель определялся на уровне 78,74 дня. Однако даже через 3 месяца от начала хранения ОСВ в полевых условиях численность исследуемых санитарно-показательных бактерий в осадке была значительной. Так, количество БГКП и энтерококков составило $(2,33 \pm 0,58) \times 10^2$ и $(4,13 \pm 0,12) \times 10^3$ КОЕ/г соответственно.

Таким образом, выявлено, что процесс обеззараживания ОСВ при хранении в поле происходит интенсивнее в теплый период года (апрель – октябрь), что позволяет использовать его как орга-

ническое удобрение через два месяца от момента закладки бурта. С ноября по март процессы отмирания санитарно-показательной микрофлоры происходят медленнее, и, несмотря на отсутствие в осадке патогенных бактерий (в том числе сальмонелл), его использование в качестве почвоулучшающей добавки возможно не ранее чем через 3 месяца после закладки бурта под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры.

При применении органического удобрения на основе ОСВ нельзя допускать загрязнения почвы фекальными бактериями. По санитарно-бактериологическим показателям земля опытного участка относится к категории «чистой», так как БГКП и энтерококки находились в ней в количестве менее 10 КОЕ/г, а патогенные бактерии (в том числе сальмонеллы) не обнаружены. Для выявления возможного загрязнения почвы при внесении исследуемого осадка проведен мелкоделяночный полевой эксперимент.

Через 1,5 месяца после внесения органического отхода были отобраны пробы почвы для микробиологического анализа (табл. 6). В отличие от процессов отмирания санитарно-показательных бактерий в бурте ОСВ, в почве, удобренной осадком, энтерококки исчезали быстрее, чем БГКП. Так, при внесении ОСВ двухмесяч-

Вариант опыта	БГКП, КОЕ/г асп.	Энтерококки, КОЕ/г асп.	Патогенные бактерии, КОЕ/г асп.
Контроль без ОСВ	7,23±2,57	6,36±2,41	не обнаружены
10 т/га ОСВ, 1 мес. хранения	21,17±2,32	13,05±1,77	не обнаружены
10 т/га ОСВ, 2 мес. хранения	9,80±1,56	8,36±2,40	не обнаружены
10 т/га ОСВ, 3 мес. хранения	7,78±2,40	4,61±0,67	не обнаружены
30 т/га ОСВ, 1 мес. хранения	$(1,86 \pm 0,20) \times 10^2$	$(3,93 \pm 0,79) \times 10^2$	не обнаружены
30 т/га ОСВ, 2 мес. хранения	18,91±5,15	17,43±6,25	не обнаружены
30 т/га ОСВ, 3 мес. хранения	12,05±3,59	9,41±3,78	не обнаружены
100 т/га ОСВ, 1 мес. хранения	$(3,89 \pm 0,54) \times 10^3$	$(2,54 \pm 0,51) \times 10^3$	не обнаружены
100 т/га ОСВ, 2 мес. хранения	$(2,15 \pm 0,54) \times 10^2$	14,93±3,84	не обнаружены
100 т/га ОСВ, 3 мес. хранения	15,63±1,87	10,72±3,94	не обнаружены

Таблица 6. Микробиологические характеристики почв после внесения ОСВ ($M \pm m$), $n=4$

Примечание: M – среднее арифметическое, m – стандартное отклонение, асп. – абсолютно сухая почва

ного хранения в максимальном объеме 100 т/га БГКП в почве обнаруживались в количестве $(2,15 \pm 0,54) \times 10^2$ КОЕ/г, а энтерококки – $14,93 \pm 3,84$ КОЕ/г.

Полученные данные обработаны с помощью двухфакторного дисперсионного анализа, позволяющего не только проверить возможную зависимость результативного признака (количество бактерий в почве) от двух независимых переменных – факторов объема внесения и срока хранения осадка в поле, но и возможное их взаимодействие.

Анализ результатов свидетельствует о существенном влиянии на количество БГКП и энтерококков в почве сроков хранения и объема ОСВ. Для уточнения времени выдерживания последних в бурте, для наиболее значимого показателя БГКП проведен регрессионный анализ отдельно по каждому из выбранных объемов внесения – 10, 30, 100 т/га (табл. 7).

Моделирование процессов обеззараживания ОСВ позволило сделать следующие предположения. При внесении 10 т/га гигиеническая норма для санитарно-защитных зон (99 КОЕ/г согласно Инструкции 2.1.7.11–12–5–2004 [8]) не была превышена ни по одному варианту. При 30 и 100 т/га для соответствия удобренной почвой нормы 1–99 КОЕ/г по показателю БГКП ОСВ должен быть выдержан (в теплый период года) при норме внесения 30 т/га – 37 дней, при 100 т/га – 69 дней.

Для того чтобы после внесения удобрения на основе ОСВ почва соответствовала санитарному состоянию исходных земель (менее 10 КОЕ/г), осадок должен быть выдер-

Объем внесения ОСВ	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R ²	Значимость F-критерия
10 т/га	$N_{\text{БГКП}} = e^{3,477-0,017 \cdot t}$	0,77	0,0001
30 т/га	$N_{\text{БГКП}} = e^{6,284-0,046 \cdot t}$	0,88	0,006
100 т/га	$N_{\text{Энт}} = e^{10,973-0,092 \cdot t}$	0,98	9,61E-05

Таблица 7. Результаты регрессионного анализа для показателя БГКП в почве

жан в теплый период года при норме внесения 10 т/га – 75 дней, при 30 т/га – 89 дней, при 100 т/га – 95 дней.

Оценка содержания тяжелых металлов в отходах производства КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» и получаемом органическом удобрении, а также в землях после его применения позволяет сделать вывод, что показатели по тяжелым металлам в их составе не превышают уровень ПДК для почв.

На основе проведенного двухфакторного дисперсионного анализа и регрессионного моделирования процессов обеззараживания установлено, что содержание санитарно-показательных бак-

терий в почве после применения данных удобрений находится в прямой зависимости как от сроков полевого хранения осадка, так и от объемов его внесения. При использовании 10 т/га норма для санитарно-защитных зон (не выше 99 КОЕ/г) не нарушается. При внесении 30 и 100 т/га для того, чтобы количество БГКП в удобренной почве не превышало гигиенический норматив, осадок следует выдержать в полевых условиях 37 и 69 дней соответственно, а чтобы не увеличивались значения показателей исходной почвы – 89 и 95 дней. В связи с этим следует признать перспективность развития данного направления. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С.В. Плышевский. Переработка органической части ТКО компостированием / С.В. Плышевский, А.Л. Ковш // Экология на предприятии. 2021. №4 (118). С. 89–96.
2. И.О. Плеханова. Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И.О. Плеханова, О.В. Кленова, Ю.Д. Кутукова // Почвоведение. 2001. №4. С. 496–503.
3. Пинский Д.Л. Формы соединений цинка и кадмия в естественных и загрязненных почвах / Д.Л. Пинский // Цинк и кадмий в окружающей среде. – М., 1992.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск, 1991.
5. В.А. Касатиков. Влияние осадков городских сточных вод на микроэлементный состав почв / В.А. Касатиков // Почвоведение. 1991. №9. С. 41–49.
6. И.О. Плеханова. Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями при внесении осадков сточных вод / И.О. Плеханова, Ю.Д. Кутукова, А.И. Обухов // Почвоведение. 1995. №12. С. 1530–1535.
7. Середина В.П. Загрязнение почв: учебное пособие. – Томск, 2015.
8. Гигиеническая оценка почвы населенных мест: Инструкция 2.1.7.11–12–5–2004, утв. Постановлением Гл. гос. санитарного врача №32 от 03.03.04 // Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест. – Минск, 2004.



Александр Волкович,
научный сотрудник
Республиканского
научно-исследовательского
унитарного предприятия
БелНИЦ «Экология»

ГАЗООЧИСТНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

Эксплуатация автотранспорта, отопление жилых и производственных помещений, выработка электроэнергии, добыча полезных ископаемых, сельскохозяйственная деятельность, выпуск продуктов, материалов и изделий приводит к загрязнению атмосферного воздуха. Для снижения уровня выбросов используют переход на альтернативные источники энергии, применяют топлива с пониженным содержанием углерода, серы, практикуют предварительную подготовку сырья и топлива, устанавливают фильтры на источниках выбросов.

Согласно статистическим данным, в отечественной промышленности наблюдается постепенное снижение выбросов



загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Это обусловлено различными факторами, такими как оптимизация производства, переход от твердого топлива и мазута на газ при выработке тепловой энергии и электричества, в металлургии – предварительная подготовка шихты (сушка, подогрев), но самую серьезную роль играет установка на предприятиях соответствующего оборудования.

Согласно экологическим нормам и правилам ЭкоНиП 17.08.06–002–2018 «Правила эксплуатации газоочистных установок», газоочистная установка (ГОУ) – сооружение и (или) оборудование, предназначенное для очистки газов, отходящих от источника выделения загрязняющих веществ посредством физических, химических, биологических и других методов их улавливания, нейтрализации и обезвреживания.

Сооружения, расположенные внутри помещений, выбросы очищенных отходящих газов после которых не поступают непосредственно в атмосферный воздух, не являются ГОУ. Аэрационные фонари, крышные вентиляторы, дефлекторы, другие устройства, посредством которых локализуется поступление загрязняющих веществ в атмосферу, находящиеся в производственных цехах, не выступают источниками выбросов загрязняющих веществ.

Системы возврата и (или) улавливания (рекуперации, флегматизации, абсорбции) паров нефтепродуктов – технологические стадии производственного процесса хранения и распределения нефтепродуктов – также не являются ГОУ.

Из сказанного следует, что газоочистной считается установка, перерабатывающая отходящие газы от стационарных источников выделения (печь, котел, станок и т.д.) и выбрасывающая их уже очищенными. В ее состав входит один и более аппарат очистки, оборудование для перемещения газа (газоходы, вентиляторы, насосы), для сбора уловленных загрязняющих веществ (бункеры, отстойники), теплообменники, автоматика, системы контроля. Главное условие при подборе оборудования – обеспечение высокого КПД.

ЭкоНиП 17.08.06–002–2018 разделяет аппараты очистки газов по принципу действия на следующие группы:

С – сухой механической очистки от твердых частиц, принцип работы которых основан на их осаждении за счет силы тяжести, центробежной силы, изменения скорости потока газа;

М – мокрой очистки от твердых частиц, а также жидких и газообразных загрязняющих веществ;

Ф – устройства фильтрующего типа;

Э – электрические фильтры;

Х – сорбционной (химической, биологической) очистки от газообразных загрязняющих веществ;

Т – термического, термокаталитического и каталитического способов обезвреживания газообразных загрязняющих веществ;

Д – других способов очистки.

Также существует разделение ГОУ по сухому и мокрому принципу действия. В первом случае аппараты работают с конденсатами без постоянного допуска в техпроцесс жидкостей.

Жидкостные аппараты (мокрые, влажные) концентрируют пыль на заранее смоченных поверхностях.

Существуют и альтернативные системы очистки воздуха, такие как масляные ленточно-цепные фильтры, масляные с абсорбентом, установки бактериальной обработки.

❖ В газоочистные установки сухого типа действия входит широкая группа газовоздушных фильтров. Такие аппараты показывают достойный КПД в захвате пылевых и газовых конденсатов, не содержащих или с минимумом жидкой фазы (воды, иного влажного пара, аэрозоля, тумана). Они задействуют механизмы фильтрации, гравитационного осаждения, центробежного и инерционного улавливания пыли, и их целесообразно применять в добывающей, химической, металлургической, фармацевтической отраслях, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, строительстве, а также при производстве бетона, цемента, асфальтобетона, резины, порошковых составов.

Аппараты сухого типа действия имеют ряд преимуществ: несложная конструкция рабочих агрегатов, минимальный объем шлама или полное его отсутствие, сохранение физико-химических характеристик загрязнителей. Из недостатков можно отметить громоздкость, требующую большого пространства при размещении на предприятии.

Среди ГОУ сухого типа действия различают циклонные пылеуловители; тканые, валянные, нетканые, картонные, бумажные и электрические фильтры, сухие адсорберы; мембранные патроны или капсулы.

Циклонные пылеуловители для увеличения производительности и снижения общего сопротивления формируются в батарее, играя роль инструмента по очистке газовой среды от сухой пыли, древесной стружки, опилок, сыпучих строительных смесей, крупы, лузги, шелухи, а также резиновой, полимерной, металлической, пластиковой, каменной крошки. Такое оборудование характеризуется ротационно-инерционным принципом работы и универсальностью применения. Оно актуально на участках с крупно- или среднедисперсионной взвесью. Специфика циклонов заключается также в том, что они не фильтруют газы в привычном смысле этого слова. Воздух поступает в камеру цилиндрической формы и завихряется там настолько, что более тяжелые включения отделяются и под действием центробежной силы уходят по стенкам корпуса в нижнюю конусовидную часть, где установлен бункер-пылесборник. Циклоны могут быть левосторонними и правосторонними, в зависимости от направления, в котором они отправляют газозагрязненные потоки. Допускается установка этой техники в качестве основного или дополнительного очистного оборудования.

Тканые, валянные фильтры широко применяются в промышленной очистке воздушных сред, преимущественно от грубых включений. Несмотря на то, что войлок, ватин и другие валяные материалы давно используются для предварительной воздухоочистки, современные технологии изготовления тонкодисперсных нетканых композитов в форме рукавов, полотен, кассет и картриджей позволяют осуществлять очистку от газокомпонентов. ГОУ на основе рукавных нетканых фильтроматериалов нередко используются для улавливания пыли и газов на АБЗ, в энергетических и металлургических предприятиях и на других участках, имеющих в каче-

стве побочных продуктов опасные кислые газы, пары и пылемеханические взвеси. Технологии наделения рукавов жаростойкими и водостойкими свойствами позволяют применять волоконные рукава, полотна, кассеты и картриджи во всем большем количестве производственных сфер.

Нетканые фильтрационные материалы в основном эксплуатируют в энергетике, на асфальтобетонных заводах, а также на предприятиях, где в воздух поступают пары, кислые или токсичные газы, обычная пыль (металлургия). Несмотря на эффективность и большую долговечность таких фильтров, имеющие их в своем оснащении предприятия проводят сложный комплекс регулярных очистных процедур, включающих специфическую обработку ультразвуком или инфразвуком.

Сухие адсорберы используют в промышленности. Эффективность таких устройств обеспечивается микропористыми твердыми адсорбентами в виде пеллет, таблеток или гранул. Фильтрационным субстратом заполнена рабочая камера газоочистной установки. Сквозь нее проникает загрязненный поток и, проходя через фильтрующий массив, выборочно «теряет» на поверхности адсорбента нежелательные или токсичные газы. Самый распространенный адсорбент – микропористый активированный уголь: прогрессивные методы активации карбона позволяют достигать КПД ≈ 100% в улавливании множества высокотоксичных и технологически неприемлемых примесей. Помимо прочего активность адсорбента может быть «усилена» катализатором, например алюминием, магнием, медью, никелем и другими металлами, металлическими и неметаллическими оксидами. В этом случае к физическому захвату присоединяется химическое действие, что еще сильнее повышает результативность технологии. Но применение адсорбционных модулей имеет некоторые ограничения. Для достижения номинального коэффициента полезного действия ГОУ у газопотока должна быть относительная влажность не выше 70% и очистка от механической пыли.

Мембранные патроны или капсулы – еще один класс сухих систем фильтрации газозагрязненных сред, имеющих специфическое применение. Мембранные капсулы представляют собой сменные цилиндры для установок абсолютной стерилизации и биологического обезвреживания газозагрязненных сред. Такие фильтры используются в зонах трансплантоло-

гического, фармацевтического, пищевого назначения, в цехах оптической и микроэлектронной/интегрально-микросхемной сборки.

Картонные и бумажные системы очистки также способны отсекаать загрязнения из воздуха. Фильтры из картона и бумаги разной плотности применяют на участках, где нужно улавливать мелкодисперсионную взвесь. Их выполняют в виде лабиринтных систем, гофры, ячеистого и перфорированного материала, «гармошек». Обладая высоким пневмосопротивлением и не демонстрируя никакой эффективности в задержании токсичных газов, сплошные бумажные и картонные фильтры хорошо задерживают мелкодисперсный частицу. Иногда используются в качестве вспомогательных пылеулавливающих ступеней газоочистных установок. Фильтры в виде лабиринта имеют сопротивление не выше 5 Па и работают по инерционному принципу: струя завихряется внутри ходов и загрязнитель скапливается на стыках формирующих плоскостей и в уголках гофрированной гармошки.

Такие фильтрационные схемы применяются на предприятиях, производящих материалы для строительного-ремонтных компаний, заводах по изготовлению лакокрасочных материалов, строительных смесей, клеевых составов. К недостаткам таких систем можно отнести их одноразовость.

Электрические фильтры воздействуют на электрополюса элементов загрязнителя газовой смеси за счет мощного электромагнитного поля, в котором происходит захват сорбата. В зависимости от типа аппарата оно может генерироваться пластинчатыми или трубчатыми электродами (коронирующими и осадительными), нитями, неравновесной холодной плазмой, газоразрядниками и иными электроизлучателями. Главное условие – обеспечить стабильное течение ионных токов между катодом и анодом.

Данные фильтры весьма эффективны на участках, где требуется захватить специфический пылегазовый сорбат из воздушной среды: пыль, микродисперсионный металл, анионы, катионы, другие частицы, дающие ответ на электрическое воздействие.

Такие установки представлены электростатическими и электромагнитными фильтрами, узкоспециализированными и непростыми в исполнении. И несмотря на достойный захват токсических и микробных компонентов, электрофильтры относятся к ГОУ повышенной сложности и находят в промышленности ограниченное

применение (энергетика, металлургия, химия). При практически отсутствующем пневматическом сопротивлении электростатические фильтры малоэффективны в процедурах очистки влажных, аэрозольных, сложносоставных газоздушных сред. Нерационально их использовать и для процессинга больших объемов газа/пыли высокой концентрации. Даже в тандеме с рукавными, кассетными и иными волоконными пылегазоосадителями они проигрывают современным, гибким и универсальным аппаратам мокрой очистки газов в части производительности и способности к самоочистке.

❶ Установки мокрой газоочистки обрабатывают взвеси в воздушных средах водой, выполняют коагуляцию загрязнений, после чего направляют их в бункеры. Они рассчитаны на монтаж в отопляемых помещениях и не могут применяться при минусовых температурах в силу специфики расходных материалов. Такие системы демонстрируют максимальную степень очистки, способны работать с микрочастицами, сочетаются с высокотемпературными газами. Принцип их функционирования базируется на смачивании пыли, однако способы выполнения этой работы отличаются в различных моделях.

Существует несколько классических категорий жидкостных воздухоочистителей, применяемых на производственных предприятиях и в промышленности. Среди них наиболее широкое распространение получили скрубберы и абсорберы.

Сорбционные системы наиболее многочисленны. Они включают пылегазофильтры, барботажно-пенные абсорберы, насадочные абсорберы или хемосорберы.

Примитивные модели пылегазофильтров работают по водно-реагентному принципу (например, промыватели СИОТ и мокрые циклоны). Как и в сухом циклоне, поток вводится в корпус аппарата и, радиально закручиваясь, устремляется к стенкам рабочей камеры. Но, в отличие от циклонных ГОУ, полые скрубберы и СИОТ оснащены водоподающей системой форсунок, орошающих внутреннюю полость и стенки аппарата. Газопылевые включения таким образом сорбируются в микропенном слое установки, покрывающем внутреннюю полость агрегата (а также частично в жидкостном тумане), и непрерывно стекают в составе воды в шламоприемный бункер под силой гравитации. Небольшое отличие скоростного

сепаратора от традиционного полого скруббера – высокая радиальная скорость воды на поверхности внутренних стенок, позволяющая опадать вниз лишь внешним жидкостным слоем. Внутренние же слои воды продолжают вращение по окружности, ожидая захвата и утяжеления.

Барботажно-пенные абсорберы преимущественно используются для улавливания комплексных пылегазовых и дымовых смесей, обладающих химической/коррозионной активностью. В качестве фильтра выступает самоподдерживающийся слой нестабильной пены или реагента, образующийся на перфорированных тарелках за счет прохождения потока через отверстия барботажных поддонов. На поверхности пузырьков эффективно нейтрализуются вредные, токсические или технологически нежелательные вещества, а также «мягкие» пылеме-ханические конденсаты – пепел, зола, копоть, сажа. Схлопываясь, пузырьки обращаются в более тяжелую, чем пена, жидкость и переливаются через края барботеров, уходя (вместе с загрязнителем) из активной зоны газообработки в отстойники, которые предусмотрены конструктивно. Фильтры из пены нейтрализуют токсины или загрязнения непосредственно на поверхности пузырящегося реагента.

Насадочные абсорберы или хемосорберы – универсальные конструкции, работающие с химическими реагентами-жидкостями и способные убирать из воздуха пары кислот, спиртов, растворителей, щелочей, галогенов, углеводородов, а также кислые газы. Имеют неподвижную (стационарную) насадку, в роли которой выступают сложные физические тела, вроде колец Рашига. Специфика этого оборудования в том, что массивная насадка, расположенная в рабочей камере, дает максимально возможную площадь контакта с воздухом. Форсунки подают на насадку воду или реагенты, взаимодействуя с которыми газоздушная смесь распадается на чистый воздух и загрязнения, впоследствии выводимые из рабочей камеры.

Жидкостные абсорберы, в свою очередь, представлены скрубберами с кипящим слоем и скрубберами Вентури.

Скрубберы с кипящим слоем считаются вершиной производительности в этом классе оборудования, также они называются FBS-установками или скрубберами с псевдооживленным слоем. Они имеют полные шарообразные насадки из материала РР, по случайному алго-

ритму передвигающиеся в жидкостной рабочей среде и обеспечивающие наилучший контакт реагента с загрязненным воздухом. Изделия демонстрируют максимальную производительность, наиболее эффективно выполняя дымоудаление.

Скрубберы Вентури с одноименными трубками основаны на разгоне газоздушных потоков внутри конусовидных конструкций (труб), во время которого газы проходят водяную завесу, формируемую системой форсунок. Контакт воздуха и воды дает микротуман, помогающий вычленивать из обрабатываемой среды имеющиеся в ней загрязнения. С водой в качестве расходника идеально использовать это оборудование для пылеулавливания, с реагентами – для абсорбции газов. Установки с трубами Вентури задействуют в горнодобывающей и металлургической отраслях, на предприятиях пищепрома, в котельных.

Альтернативные системы очистки воздуха

Помимо указанных разновидностей пылеуловителей и газоочистных систем современная промышленность использует также несколько дополнительных классов оборудования: масляные ленточно-цепные фильтры, масляные фильтры с абсорбентом, установки бактериальной обработки.

Масляные ленточно-цепные системы фильтрации собраны из смачиваемых пластин, расположенных на замкнутой ленте, движущейся над ванной с маслом. Основное преимущество этого решения – в самоочистке пластин за счет масла (погружаясь в ванну, элементы конструкции обновляют сорбент), однако такая установка очень специфична в исполнении, снабжена двигателем, требует сложного монтажа и обслуживания.

Масляные фильтры с абсорбентным принципом действия, представляющие собой камеру с насадкой (металл, керамика), которая обработана минеральным маслом – высокоэффективное оборудование, требующее регулярного сложного обслуживания (очистки) с использованием горячих каустических составов.

Установки, основывающиеся на бактериальной обработке газоздушных сред, считаются одними из передовых в отрасли, хотя пока еще не вышли из экспериментальной стадии. Они представляют собой конструкции, в которых за очистку газов отвечают протобактерии.

Например, *Kuenenia stuttgartiensis*, поедающие аммиак и выделяющие вместо него азот, или *Desulfobulbus propionicus*, устраняющие из воздуха

оксиды серы путем переработки их в сульфаты/сульфиды. Это крайне малочисленная категория фильтров, которые обладают огромным потенциалом и активно разрабатываются в наши дни.

➤ Методы термической нейтрализации вредных примесей во многих случаях имеют преимущества перед способами адсорбции и абсорбции: отсутствие шламового хозяйства, небольшие габариты очистных установок, простота их обслуживания, а в ряде случаев и пожарная автоматизация работы, высокая эффективность обезвреживания при низкой стоимости очистки.

Различают три схемы термической нейтрализации газовых выбросов: *прямое сжигание в пламени, термическое окисление и каталитическое сжигание*. Первые две используют при температурах 600–800 °С; последнюю – при 250–450 °С. Выбор схемы определяется химическим составом загрязняющих веществ, их концентрацией, начальной температурой газовых выбросов, объемным расходом и предельно допустимыми нормами выброса загрязняющих веществ.

Прямое сжигание следует использовать только в тех случаях, когда отходящие газы обесценивают подвод значительной части энергии, необходимой для осуществления процесса. Из экономических соображений этот вклад должен превышать 50% общей теплоты сгорания. При проектировании устройств прямого сжигания необходимо знать пределы взрываемости или воспламеняемости сжигаемых отходов и газообразного топлива в смесях с воздухом. Эти данные показывают, будет ли конкретный вид газообразных отходов поддерживать горение без дополнительного подвода топлива. Примером такого процесса является сжигание углеводородов, содержащих токсичные газы (например, цианистый водород) непосредственно в факеле (то есть просто в открытой горелке, направленной вертикально вверх). Факел применяют главным образом для сжигания горючих отходов, которые не поддаются другим видам обработки.

Термическое окисление используют либо когда отходящие газы имеют высокую температуру, но в них нет достаточного количества кислорода, либо когда концентрация горючих примесей настолько низка, что они не обеспечивают подвод теплоты, необходимой для поддержания пламени. Основное преимущество метода – относительно низкая темпера-

тура процесса, что позволяет сократить расходы на изготовление камеры сжигания и избежать значительного образования оксидов азота.

➤ Каталитический метод применяют для превращения токсичных компонентов промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные для окружающей среды путем введения в систему дополнительных веществ – катализаторов. Он основан на взаимодействии удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищаемом газе или со специально добавляемым в смесь веществом. Катализатор, взаимодействуя с одним из реагирующих соединений, образует промежуточное вещество, которое распадается с образованием продукта регенерированного катализатора.

Каталитическое окисление отличается от термического кратковременностью протекания процесса (иногда достаточно нескольких долей секунды), что позволяет резко сократить габариты реактора. Кроме того, температура, необходимая для осуществления реакции органических газов и паров с кислородом, снижена (до 300 °С) по сравнению с термическим окислением. Объемную скорость определяют как отношение расхода обрабатываемого газа (м³/ч), приведенного к нормальным условиям, к объему катализаторной массы (м³).

Основные критерии выбора катализаторов – их активность и долговечность. О первой судят по количеству продукта, получаемого с единицы объема катализатора, или по объемной скорости каталитической реакции, при которых обеспечивается требуемая степень обезвреживания обрабатываемого газа. Для осуществления процесса необходимы незначительные количества катализатора, расположенного таким образом, чтобы обеспечить максимальную поверхность контакта с газовым потоком. Каталитический слой должен создавать умеренно низкий перепад давления, обеспечивать структурную целесообразность и долговечность катализатора.

Следует отметить, что для эффективного снижения выбросов необходимо подбирать ГОУ, опираясь на собственное производство, а именно – на количество и качество выбросов. Для наибольшего эффекта следует рассматривать очищение отходящих газов ступенями от грубой очистки – к тонкой, от общих веществ – к частным. ■



БИОТЕХНОЛОГИИ В СНИЖЕНИИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 631.4

Интенсивное использование в зимний период противогололедных реагентов для борьбы с наледью на дорогах, тротуарах и дворовых территориях приводит к накоплению легкорастворимых солей и обменного натрия в городских почвах, усиливая процессы антропогенного галогенеза. Остаточное количество ПГР негативно сказывается не только на состоянии почвенного покрова, приводя к нарушению морфологического строения и химического состава почв, их деградации, но и древесных насаждений, вызывая преждевременное опадение листьев, усыхание и гибель растений [1–5], что в итоге негативно влияет на комфортность городской среды.

Александр Яковлев,
завлабораторией
экологической физиологии
растений Центрального
ботанического сада
НАН Беларуси,
кандидат
биологических наук,
доцент

Галина Булавко,
ведущий научный
сотрудник ЦБС
НАН Беларуси, кандидат
биологических наук,
доцент

Алла Николайчук,
старший научный
сотрудник ЦБС
НАН Беларуси,
кандидат
биологических наук

Ирина Ананьева,
завлабораторией
взаимоотношений
микроорганизмов почвы
и высших растений
Института микробиологии
НАН Беларуси,
кандидат
биологических наук

Зинаида Алещенкова,
главный научный
сотрудник Института
микробиологии
НАН Беларуси,
доктор
биологических наук

Ухудшающая экологическая обстановка г. Минска, особенно вдоль улиц и дорог, требует выработки определенной стратегии озеленения, направленной на создание устойчивых насаждений разных типов, способных не только оздоровить среду обитания, но и длительно сохранить декоративность.

Для улучшения эдафических условий, способствующих оптимальному росту и развитию растений, все более активно применяют биологические удобрения, основу которых составляет культура живых клеток микроорганизмов [6–8]. Важную роль в развитии растений играют интродуцированные в почву в составе микробных удобрений природные азотфиксаторы и фосфатмобилизаторы, механизм действия которых может быть прямым и опосредованным. Первый состоит в обеспечении элементами минерального питания за счет фиксации атмосферного азота диазотрофами, солюбилизации нерастворимых форм фосфора фосфатмобилизующими бактериями и арбускулярными микоризными грибами, второй – в регулировании роста и развития метаболитами фитогормональной природы. Инокуляция растений микроорганизмами стимулирует рост корней, увеличивая их размер и биомассу, что способствует увеличению поверхности корня, оказывает положительное влияние на потребление воды и поглощение питательных веществ, ослабляет негативные проявления солевого стресса у зеленых насаждений.

В городском озеленении биологические удобрения пока используются недостаточно, а исследования участия микроорганизмов в снятии стрессового воздействия засоления на растения до настоящего времени единичны и сфокусированы лишь на оценке ростостимулирующего эффекта у последних [9, 10]. Поэтому данное направление чрезвычайно актуально и привлекает внимание многих ученых и практиков.

В этой связи, в рамках выполнения задания Государственной программы «Наукоёмкие технологии

и техника» на 2016–2020 гг. сотрудниками лаборатории экологической физиологии растений ЦБС НАН Беларуси и лаборатории взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений Института микробиологии НАН Беларуси проведены научные исследования, целью которых были разработка и внедрение технологии применения микробных удобрений на основе галотолерантных бактерий для минимизации негативного влияния противогололедных реагентов на городские насаждения и почву.

Из ризосферы растений, произрастающих вокруг солеотвалов Старобинского месторождения калийных солей ОАО «Беларуськалий», выделены штаммы бактерий *p. Bacillus* и *p. Rhodococcus*, адаптированные к высоким концентрациям хлорида натрия (5–15%), обладающие комплексом агрономически ценных свойств (азотфиксация, фосфатмобилизация, ростстимуляция, повышение стрессоустойчивости и др.), обусловленных наличием нитрогеназы, фосфатазы, синтезом ИУК и АЦК-дезаминазы [11], и использованные впоследствии в качестве компонентов микробного препарата (МБП) «Биотилия» [12].

Объектами исследования являлись зеленые посадки, относящиеся к категории «насаждения на улицах и дорогах» (согласно постановлению Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 29.12.2004 г. №40). Полевые изыскания в 2019–2020 гг. были проведены в посадках 10–12-летнего возраста деревьев пяти пород (каштана конского – *A. hippocastanum*, клена остролистного – *A. platanoides*, липы сердцелистной – *T. cordata*, рябины обыкновенной – *S. aucuparia*, ясеня обыкновенного – *F. excelsior*), произрастающих вдоль дорожных линий с различной степенью транспортной нагрузки нашей столицы (11 ключевых участков) и в г. Могилеве (5) (табл. 1).

Для приготовления рабочего раствора препарата 10%-ной концентрации к 1 л суспензии микробного удобрения «Биотилия» добавляли 9 л воды и поливали 1 посадочное место. Обработка проведена дважды за сезон – в конце мая и конце июня.

Были использованы традиционные агрохимические [13], геоботанические [14], микробиологические [15], эколого-физиологические [16] методы исследований.

Ухудшение эдафических условий в посадках лиственных пород вдоль ключевых автомагистралей г. Минска, выявленное нами, сопровождалось аккумуляцией свободных ионов Cl^- и Na^+ в листьях изучаемых видов. Наиболее высоким уровнем накопления хлорид-иона ассимилирующими органами у липы характеризовались посадки на проспекте Независимости (КУ-5-7), а также на ул. Орловской (КУ-8), они достигали от 60,7 до 183,8 мг/г сухой массы. При этом уровень аккумуляции данного ксенобиотика в растительных тканях у деревьев, оцененных как «сильно ослабленные», был ниже, чем для категории деревьев «ослабленные», что, по всей вероятности, обусловлено более активным метаболизмом у последних, пытающихся противостоять негативному влиянию городских условий.

Концентрация анионов натрия в тканях листьев на всех пробных участках варьировала в небольшом диапазоне от 19,5 до 27,9 мг/г сухой массы. Минимальное количество отмечено в посадках липы вдоль улицы Академика Купревича (КУ-1, 2), максимальные – на проспекте Независимости (КУ-8).

Двухразовое внесение (в конце мая и в конце июня) двух штаммов микробиологических препаратов в посадки деревьев вдоль улиц г. Минска отличалось различием в ответной реакции опытных растений на данный агроприем. Результаты обработки МБП в первый срок характеризовались во второй декаде мая незначительным увеличением концентрации хлорид-иона в ассимилирующих органах липы, каштана и ясеня относительно контроля, что может быть связано, в первую очередь, с адаптацией почвенного микробиома урбаногема к добавлению новых групп микроорганизмов извне.

Повторный отбор образцов и анализ листьев в июле показал, что в вариантах с обработкой растений МБП концентрация свободных ионов Cl^- и Na^+ в листьях изучаемых пород была на 9–17% ниже, чем в вариантах без применения микробных препаратов. Более высокими темпами активизация снижения уровня токсичных ионов в листьях отмечалась в посадках липы возле ГУМа (КУ-5, 6) и на улице Орловской (КУ-7).

Зимний период 2019/2020 гг., характеризовавшийся значительным количеством бесснежных и безморозных дней, способствовал существенному (в 3 раза) снижению количества противогололедных материалов на дорогах г. Минска, по сравнению с аналогичным временным интервалом

2018/2019 гг., что в совокупности с интенсивными атмосферными осадками в виде дождя привело к минимальному накоплению остаточных количеств солевых реагентов в почве городских зеленых насаждений легкого механического состава (КУ-3, 4) во многом сопоставимому с контролем (диапазон варьирования Na_2O 8,15–14,57 мг/100 г почвы). Для суглинистых почв на ключевых участках (КУ-7, 8 и особенно возле ГУМа (КУ-5, 6) содержание натрия было сопоставимым с результатами марта 2019 г.

Так, в посадках липы сердцелистной по ул. Орловской различия в накоплении натрия и хлора в контрольном варианте и варианте с внесением препаратов не превышали 2,5% для натрия и 0,9% для хлора. В лунках с липами на пр-те Независимости (КУ-7) аналогичные

№ п-п	Месторасположение временного участка наблюдения	Тип и способ посадки деревьев	Древесная порода
1.	г. Минск ул. Академика Купревича, справа	Однорядная посадка на газоне	<i>T. cordata</i>
2.	ул. Академика Купревича, слева	Однорядная посадка на газоне	<i>T. cordata</i>
3.	пр-т Независимости, 45 справа, (гимназия №23)	Однорядная посадка на газоне	<i>A. hippocastanum</i>
4.	пр-т Независимости, 45 слева, (напротив гимназии №23)	Однорядная посадка на газоне	<i>A. hippocastanum</i>
5.	пр-т Независимости, 21 справа, (ГУМ)	Однорядная посадка в лунке	<i>T. cordata</i>
6.	пр-т Независимости, 20 слева, (напротив ГУМ) (<i>T. cordata</i>)	Однорядная посадка в лунке	<i>T. cordata</i>
7.	пр-т Независимости, 14 слева (<i>T. cordata</i>)	Однорядная посадка в лунке	<i>T. cordata</i>
8.	ул. Орловская, справа (ост. общ. трансп. «Выставочный комплекс»)	Однорядная посадка на газоне	<i>T. cordata</i>
9.	пр-т Победителей, справа, (ост. общ. трансп. «Радужная»)	Двурядная посадка на газоне	<i>F. excelsior</i>
10.	пр-т Победителей, справа, (ост. общ. трансп. «Радужная»)	Двурядная посадка на газоне	<i>F. excelsior</i>
11.	участок МКАД 50 км в р-не ул. Хмаринская, 2	Двурядная посадка на газоне	<i>A. platanoides</i>
12.	г. Могилев ул. Симонова, 20, справа	Двурядная посадка на газоне	<i>T. cordata</i>
13.	ул. Симонова, 19, слева	Однорядная посадка на газоне	<i>S. aucuparia</i>
14.	ул. Якубовского, 18, справа	Однорядная посадка на газоне	<i>A. hippocastanum</i>
15.	пр-т Пушкинский, 4 справа	Однорядная посадка на газоне	<i>T. cordata</i>
16.	ул. Первомайская, 31 справа	Однорядная посадка в лунке	<i>T. cordata</i>

Таблица 1. Местонахождение временных участков наблюдения за состоянием древесных насаждений г. Минска и г. Могилева

показатели составили соответственно 4,1% и 1,1%, а возле ГУМа (КУ-5, 6) они были практически снижены до 0,7% для натрия и 0,2% для хлора. И только в посадках на ул. Академика Купревича (КУ-1, 2) содержание натрия в контроле оказалось на 9–11% выше, чем в варианте с обработкой. Для ясеня обыкновенного на пр-те Победителей и в 1-м ряду от дороги (КУ-9), и во 2-м (КУ-10) оно варьировалось соответственно в диапазоне 73–81 мг/100 г сухой почвы, а в обработанных препаратами вариантах – 65–67 мг/100 г.

На урбанизированных территориях изменялись и агрохимические характеристики. Показатель рН почв изменялся незначительно – от нейтрального до слабощелочного состояния. Содержание органического вещества в верхнем слое не превышало 5,5%, что характерно для городских почв. Максимальные значения в основном приходились на участки, где формировался плодородный слой за счет привозных грунтов с высокой долей торфа. В вариантах опыта с использованием микробных препаратов также проявились неоднозначные тенденции в поведении остаточных количеств противогололедных материалов.

К концу сезона вегетации растений в условиях максимального техногенного загрязнения улиц (КУ-5–7) установлено возрастание содержания как аммонийной формы азота (113,3 мг/100 г почвы), так и подвижных форм фосфора (217,2 мг/100 г почвы), обусловленных, в первую очередь, положительным влиянием микробных удобрений за счет азотфиксации и фосфатмобилизации в почвенном субстрате урбаноземов по сравнению с контрольным вариантом (98,3 и 184,5 мг/100 г почвы соответственно).

Установлено, что городские почвы имели более низкие показатели как содержания микробной массы, так и дыхания субстрата относительно почв зонального ряда. Определение биологической активности урбаноземов на ключевых участках г. Минска, проведенное в течение вегетационного периода растений, показало устойчивое повышение изучаемых характеристик на ключевых участках наблюдения с высокой и низкой степенью негативного воздействия остаточных количеств противогололедных материалов. В посадках липы мелколистной на КУ-5–7 и на ул. Академика Купревича (КУ-1, 2) все определяемые показатели были стабильно выше (в 1,2–1,4 раза) контрольных площадок (без обработки). Под ясенем обыкновенным на пр. Победителей (КУ-9, 10) при небольшом повышении активности респирации от $9,7 \pm 0,4$ мкг $\text{CO}_2/\text{г}$ почвы в сутки в контроле до $10,6 \pm 1,0$ мкг $\text{CO}_2/\text{г}$ почвы в сутки

в варианте с обработкой запасы микробной массы имели значимое превышение контроля $152,6 \pm 4,0$ против $190,7 \pm 6,9$ мкг С/г почвы. Аналогичная закономерность наблюдалась и в посадках липы мелколистной на ключевых участках в г. Могилеве, что может свидетельствовать об усилении существующего в почве микробного комплекса за счет накопительного эффекта от применения микробных препаратов. При этом городские почвы на территории областного центра оказались более отзывчивы на внесение бактериальных удобрений, эффект от обработки которыми здесь сохранялся на всех ключевых участках без исключения.

На засоленных почвах микоризованные растения более устойчивы, чем немикоризованные, в связи с тем, что наблюдается высокое осмотическое давление в гифах гриба по сравнению с клетками корней, и за счет медленного накапливания хлоридов, которые и приводят к солевому шоку. В этой связи в полевом эксперименте проанализированы данные степени микоризации корневых систем 4 древесных пород, используемых в озеленении г. Минска.

Выявлено, что в сложных экологических условиях минимальное развитие микоризы получили корни липы (0–11%), клена (1–5%) и каштана (0–8%) (рисунок). Причем для липы и каштана, характеризующихся сильно ослабленным состоянием на пр-те Независимости (КУ-3, 4 и КУ-5, 6), в корнях не обнаружено микоризного компонента вообще. У ясеня обыкновенного степень микоризации была самой высокой и независимо от уровня антропогенной нагрузки превышала 80%, что соответствует растениям ненарушенных местообитаний. В отдельных случаях выявлено повышение доли микоризованных корней: в районе Главпочтамта (от 5 до 59% у липы сердцевидной), гимназии №23 (от 0 до 9% у каштана

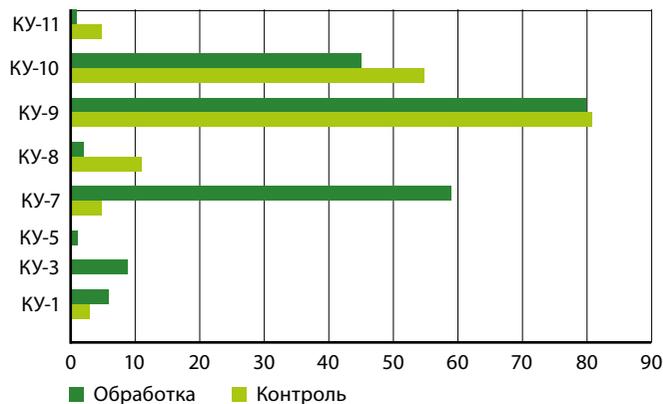


Рисунок. Развитие микоризы у древесных растений в полевом эксперименте, %

конского) и на контрольной площадке на ул. Академика Купревича (от 3 до 6% у липы сердцевидной). Наряду с этим были участки, где степень развития микоризной инфекции после обработки удобрениями сокращалась: на ул. Орловской (от 11 до 2% у липы сердцевидной), напротив гимназии №23 (от 8 до 5% у каштана конского).

При микроскопировании корней в клетках обнаружены арбускулы и везикулы, а на поверхности корней развит наружный мицелий, позволяющий получать растению дополнительное питание. Таким образом, в условиях города почти все растения имели в разной степени микоризный симбиоз, но усиление почвенного микробоценоза бактериальными удобрениями не всегда повышало долю микоризованных корней.

Важным элементом, характеризующим снижение негативного влияния остаточных количеств противогололедных материалов на деревья, считается оценка их индекса состояния (ИС). По материалам Лесотехнической академии [14], к категории здоровых следует относить насаждения, имеющие средний балл этого показателя не более 1,5; ослабленных – с баллом 1,6–2,5; сильно ослабленных – 2,6–3,9, с более высоким баллом относят к категории усыхающих.

Анализ данных, полученных в результате оценки жизненного состояния в городских придорожных посадках, проводился с учетом различных условий их мест произрастания. Распределение обследованных деревьев по ИС показало, что наиболее низкий показатель жизненного состояния (3,2–3,5) имели те, которые произрастали в «лунках» среди замощенного пространства. Это позволяло отнести их к категории «сильно ослабленных» деревьев (табл. 2). Насаждения в однорядной посадке на газоне, а также в первом ряду многорядной характеризовались как «ослабленные» (1,7–1,8), а во втором ряду от дороги – «здоровые с признаками ослабления» (1,6). Общим выявленным закономерностям несколько не соответствует временный участок наблюдения за липой мелколистной на ул. Орловской, произрастающей на газоне. И в контрольном, и в опытном вариантах насаждения оценивались как сильно ослабленные (диапазон варьирования ИС 3,0–3,9). Это объясняется в первую очередь большим возрастом опытных растений в посадках, поскольку замена их в последние 7 лет не проводилась, в отличие от центральных проспектов нашей столицы.

Наиболее устойчивой оказалась двухрядная аллея ясеня обыкновенного на пр-те Победителей в столице, где и контрольные и обработанные деревья были отнесены к категории «ослабленных» (1,6–1,8). И хотя действие бактериального препарата «Биотилия» во втором варианте с обработкой незначительно превышало контроль (в среднем в 1,1 раза), следует отметить общую физиологическую устойчивость данной породы к загрязнению урбосреды противогололедными материалами.

Незначительная антропогенная нагрузка на посадки *T. cordata* в районе ул. Академика Купревича (КУ-1, 2) в целом позволяет характеризовать их состояние как «здоровое», и большая активизация процессов текущего прироста опытных растений, подтверждающая положительную роль азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий, является серьезным аргументом необходимости использования препарата «Биотилия».

Наименование пункта наблюдения	Древесная порода	Индекс состояния, балл	
		контроль	обработка
г. Минск			
КУ-1	<i>T. cordata</i>	1,6	1,5
КУ-2	<i>T. cordata</i>	1,6	1,5
КУ-3	<i>A. hippocastanum</i>	2,5	2,0
КУ-4	<i>A. hippocastanum</i>	2,4	2,2
КУ-5	<i>T. cordata</i>	3,5	2,5
КУ-6	<i>T. cordata</i>	3,2	2,5
КУ-7	<i>T. cordata</i>	3,3	2,6
КУ-8	<i>T. cordata</i>	3,9	3,0
КУ-9	<i>F. excelsior</i>	1,8	1,6
КУ-10	<i>F. excelsior</i>	1,7	1,6
КУ-11	<i>A. platanoides</i>	3,5	2,9
г. Могилев			
КУ-12	<i>T. cordata</i>	2,9	2,0
КУ-13	<i>S. aucuparia</i>	4,0	3,7
КУ-14	<i>A. hippocastanum</i>	1,8	1,5
КУ-15	<i>T. cordata</i>	2,5	1,8
КУ-16	<i>T. cordata</i>	3,0	2,6

Таблица 2. Характеристика жизненного состояния опытных растений г. Минск и г. Могилева по итогам двухлетних наблюдений (среднее за 2019–2020 гг.)

Внесение МБП по сравнению с контролем оказывало положительное влияние на жизненное состояние деревьев во всех точках наблюдения, но наибольшей разницы достигало именно на участках, испытывавших высокую степень негативной нагрузки.

Из всех обследованных аллей деревьев в г. Могилеве самой неустойчивой породой оказалась рябина обыкновенная, посадки которой, выполненные в 2016 г., практически не сохранились и требуют замены. Оценить степень влияния препарата также не удалось, поскольку из 5 обработанных растений осталось только одно, в крайне неудовлетворительном состоянии. А вот конский каштан, напротив, оказался наиболее устойчивым, но категория «относительно здоровые» обусловлена также и удаленностью от края дорожного покрытия через тротуар.

При максимальной степени транспортной загрузки пр-та Пушкина (КУ-3), сопоставимой со столичными магистралями, состояние липы мелколистной было значительно лучше, и в варианте с обработкой опытные растения характеризовались как «относительно здоровые». При этом посадки липы в лунках на ул. Первомайской были более отзывчивыми на действие микробного препарата, чем в аналогичных случаях в г. Минске.

Данный факт позволяет высказать предположение, что ответная реакция опытных растений на применение бактериального препарата является не столь выраженной и лабильной, как изменение агрохимических свойств и микробиологической активности городских почв, поскольку метаболизм растений в поисках преодоления проблем, в том числе и с загрязнением, находит свои решения в конкретной экологической ситуации. Поэтому краткосрочные наблюдения за изменениями жизненного состояния городских насаждений, скорее всего, не являлись основой для вынесения заключения по оценке эффективности того или иного препарата или агроприема. Также выводы должны осуществляться по итогам изучения агрохимических и микробиологических свойств субстрата, тем более что и само бактериальное удобрение рассчитано именно на улучшение эдафических условий, а через них уже и на сами растения.

Выполненные исследования показали, что использование микробного удобрения «Биотилия» повышает общую биогенность, стимулирует развитие азотфиксирующей и фосфатмобилизующей микробиоты в верхнем корнеобитаемом слое почвы зеленых насаждений в урбанизированной среде, активизирует на 21–27% микробиоту почв вдоль дорожных магистралей с различной степенью нагрузки, ингибирует на 7–9% поступление остаточных количеств

противогололедных реагентов (хлора, натрия) в ассимилирующие органы растений, снижает степень поврежденности листьев краевым ожогом (хлорозом) (до 18–21%). В этой связи для минимизации негативных последствий применения ПГР, повышения устойчивости придорожных деревьев к таким условиям и улучшения их жизненного состояния организационные и организационно-технические мероприятия, предложенные нами ранее [17], должны быть дополнены агротехническими, связанными с внесением микробного препарата «Биотилия», и предусматривающими обязательное его использование как для молодых насаждений, так и уже сформированных. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обухов А.И., Лепнева О.М. Экологические последствия применения противогололедных соединений на городских автомагистралях и меры по их устранению // Экологические исследования в Москве и Московской области: мат-лы науч.-практ. конф. – М., 1990.
2. Н.И. Шевякова, В.В. Кузнецов, Л.О. Карпачевский. Причины и механизмы гибели зеленых насаждений при действии техногенных факторов городской среды и создание стресс-устойчивых фитоценозов // Лесной вестник. 2009. №6 (15). С. 25–33.
3. Судник А.В., Ефимова О.Е., Яковлев А.П. Влияние противогололедных реагентов на зеленые насаждения вдоль улиц и дорог г. Минска // Леса Евразии – Белорусское Поозерье: мат-лы XII Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 145-летию Г.Ф. Морозова. 30 сентября – 6 октября 2012 г. – М., 2012.
4. Яковлев А.П., Судник А.В. Влияние солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в городской среде // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь: тез. респ. науч.-практ. семинара (г. Минск, 26–27 апреля 2018 г.). ЦБС НАН Беларуси / под ред. В.В. Титка. – Минск, 2018.
5. О.В. Наместникова, М.В. Бузаева. Мониторинг засоления почв в системе обеспечения экологической безопасности крупного города // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2019. №1(30). С. 44–52.
6. Сельскохозяйственная биотехнология / Шевелуха В.С. [и др.]; под общ. ред. В.С. Шевелухи. – М., 1998.
7. Структура и функции бактериальных сообществ в агроценозе / Т.Н. Добровольская [и др.] // Почвоведение. 2016. №1. С. 79–83.
8. Талалайко Н.М. Микробиологическая индикация урбаноэмов города Воронежа: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.06. – Воронеж, 2005.
9. Емцев В.Т. Микробиология: учебник для бакалавров. – М., 2016.
10. Long H.H., Schmidt D.D., Baldwin T. Native bacterial endophytes promote host growth in a species-specific manner; phytohormone manipulations do not result in common growth responses / PLoS ONE. 2008. 3(7). P. e2702. // <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002702>
11. Штамм галотолерантных бактерий *Bacillus aryabhatai* для стимуляции роста растений в условиях засоления: пат. BY23256 / З.М. Алещенкова, И.Н. Ананьева, Н.И. Наумович, Г.В. Сафронова, К.И. Евенкова-Чернецова. Оpubл. 30.12.2020.
12. Удобрение микробное «Биотилия». Технические условия. ТУ ВУ100289066.163–2020.
13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М., 1970.
14. Дорофеева Т.Б., Парфенова Л.Н., Семакова Т.А. Методики обследования состояния городских зеленых насаждений. – СПб., 2002.
15. Anderson J., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. P. 215–221.
16. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учебное пособие. – М., 1975.
17. Создание антропогенно устойчивых насаждений вдоль улиц и дорог в населенных пунктах (методические рекомендации) / А.П. Яковлев [и др.]. – Минск, 2013.

О ВОЗДЕЙСТВИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СОДЕРЖАНИЯ АВТОДОРОГ НА ПРИДОРОЖНУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Аннотация. В статье приводятся данные по результатам многолетнего мониторинга состояния растительности вдоль основных автодорог Беларуси, обусловленного загрязнением окружающей среды противогололедными реагентами на основе хлорида натрия в зимний период в сочетании с комплексом других негативных факторов (выхлопные газы движущегося транспорта, изменение режимов среды, экстремальные погодноклиматические условия).

Ключевые слова: автомобильная дорога, придорожная территория, противогололедные реагенты (ПГР), состояние, лесная, луговая и болотная растительность.

Для цитирования: Судник А., Вознячук И. О воздействии строительства и содержания автодорог на придорожную растительность // Наука и инновации. 2021. №11. С. 34–41. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-34-41>

Выгодное географическое положение Республики Беларусь в Европе, наличие современных мультимодальных транспортных коридоров, нарастание экспорта услуг по перевозкам – основные составляющие стабильного развития экономики республики. На современном этапе особенно заметно расширение транспортной инфраструктуры и связанных с нею проблем. Например, последствия воздействия автомагистралей на придорожные экосистемы приобретают все большую актуальность в связи с бурным ростом автопарка, возведением придорожных объектов, изменением технологий содержания дорог.



Александр Судник,
заведующий сектором
мониторинга растительного
мира Института
экспериментальной ботаники
имени В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, кандидат
биологических наук;
asudnik@tut.by



Ирина Вознячук,
ведущий научный
сотрудник сектора
мониторинга растительного
мира Института
экспериментальной
ботаники имени
В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, кандидат
биологических наук;
ipv@tut.by

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В систему объектов исследования вошли выборочные участки дорог различных категорий, отличающиеся интенсивностью движения автотранспорта: магистральные (категории М и М/Е): М1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации, М2 Минск – Национальный аэропорт «Минск», М3 Минск – Витебск, М5/Е271 Минск – Гомель, М6/Е28 Минск – Гродно, М9 Минская кольцевая автомобильная дорога (МКАД), М14 Вторая кольцевая автомобильная дорога вокруг Минска (2-я МКАД); республиканские (категории Р): Р20 Витебск – Полоцк – граница Латвийской Республики, Р28 Минск – Молодечно – Нарочь, Р45 Полоцк – Глубокое – граница Литовской Республики, Р60 Купа – Занарочь – Брусы, Р80 Слобода – Паперня; местные (категории Н): Н3256 Боровуха – Полоцк – граница Российской Федерации, Н9352 Шацк – Веркалы – Ветеревичи.

Для определения жизненного состояния древостоев, прилегающих непосредственно к автодорогам, в 2016–2020 гг. была проведена сплошная оценка деревьев на опушках (на глубину 1–2 насаждения по обе стороны от дороги). Протяженность исследуемых отрезков лесонасаждений составляла в среднем около 2 км с каждой стороны дороги, общая протяженность – 150–170 км. В совокупности ежегодно оценивалось 40–45 тыс. деревьев 16 древесных пород.

В основу положены адаптированные для целей исследований методики мониторинга защитных древесных насаждений [1], общеевропейская методика экологического лесного мониторинга, изложенная в Руководстве по методам ICP Forests [2], а также нормы Санитарных правил в лесах Республики Беларусь [3]. Отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществлялось на основе модифицированной шкалы В.А. Алексева [4]; для оценки корреляционной зависимости состояния деревьев от нагрузки на автодороги были проанализированы данные мониторинга защитных древесных насаждений за 2004–2020 гг. [5].

СОСТОЯНИЕ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Состояние древостоев. Наибольшую нагрузку от воздействия автотранспорта и деятельности по обслуживанию дорог в зимний период (внесения противогололедных соледержащих материалов) испытывают насаждения, непосредственно примыкающие к дорожному полотну – опушечная придорожная зона. Именно в таких местах отмечается массовое повреждение и гибель деревьев, поскольку на них влияет ряд факторов: изменение условий среды при расширении трассы автодороги и вырубке части деревьев, транспортная нагрузка, количество и качество вносимых противогололедных реагентов, уровень положения дороги относительно прилегающих насаждений (в насыпи, в выемке или в нуле), сама ее категория и т.д. [5, 6].

Состояние деревьев улучшается с удалением от опушки вглубь лесного массива (рис. 1). Эта зависимость наиболее четко выражена у магистральных дорог и проявляется в увеличении индексов состояния древостоев (далее – ИС), количества деревьев без признаков ослабления и неповрежденных, снижении степени дефолиации с удалением от полотна дороги. В совокупности древесные насаждения в опушечной зоне оцениваются как «ослабленные» или «поврежденные», а в глубине лесного массива – «здоровые» или «здоровые с признаками ослабления».

Устойчивость древостоев вдоль автотрасс зависит от нагрузки на дорогу, в первую очередь от ее пропускной способности, интенсивности движения транспортных средств и содержания в зимний период. Как следствие, условия жизни древесных насаждений хуже всего вдоль магистральных автострад с наиболее интенсивным движением (у самой нагруженной в Беларуси автодороги М9 МКАД

состояние древостоев наихудшее), существенно лучше – вдоль дорог республиканского и местного уровней.

В опушечной полосе вдоль магистралей чаще встречаются ослабленные и сильно ослабленные деревья, а у дорог республиканского значения – без признаков ослабления. Для всей совокупности обследованных в 2016–2020 гг. лесных насаждений доля деревьев без признаков ослабления вдоль магистралей составляет 34,8%, а вдоль дорог республиканского значения – почти в 2 раза больше (65,1%); ослабленных – 48,3% и 27,9%, соответственно; сильно ослабленных – 4,6% и 6,2%; у магистральных автотрасс значительно чаще встречаются усыхающие и сухостойные деревья (рис. 2). Такое распределение деревьев по категориям жизненного состояния вдоль дорог различного уровня обусловлено более интенсивным потоком транспорта на магистралах, в составе которого значительна доля крупногабаритных грузовых автомобилей – главного источника вредных воздействий и наибольшего объема высыпаемых в зимний период ПГР.

По всей совокупности обследованных в 2016–2020 гг. насаждений вдоль магистральных автодорог оцениваемые древостои относятся к категории «ослабленных» (ИС – 74,6%); вдоль республиканских – «здоровые с признаками ослабления» (ИС – 87,3%); вдоль местных – к категории «здоровые» (ИС – 90,1%) (рис. 3).

Степень повреждения древесных насаждений зависит от их положения относительно полотна дороги: состояние лучше у растущих выше ее уровня (при прохождении дороги в выемке ИС вдоль магистральных автодорог составляет 80,9%; вдоль республиканских – 90,1%). Когда

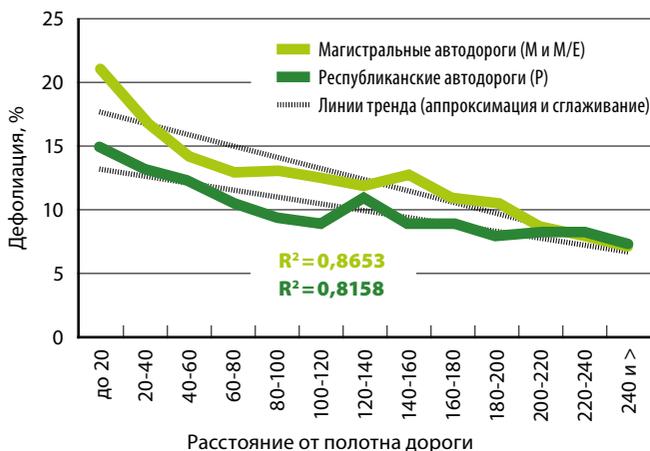


Рис. 1. Распределение деревьев по степени дефолиации на разном расстоянии вдоль магистральных и республиканских автодорог

почва в насаждениях, прилегающих к трассе, находится на одном с ней уровне (дорога в нуле), состояние древостоев в опушечной зоне ухудшается (ИС вдоль магистральных автодорог – 74,7%, республиканских дорог – 87,7%). Наиболее повреждены деревья на участках, где полотно дороги проходит выше поверхности почвы (при положении дороги в насыпи ИС вдоль магистральных автодорог – 70,4%, республиканских – 82,7%). Описанная зависимость объясняется высотой поднятия загрязняющих веществ (выбросов автотранспорта, содержащих ПГР взвесей) турбулентными потоками воздуха, создаваемыми движущимися автомобилями.

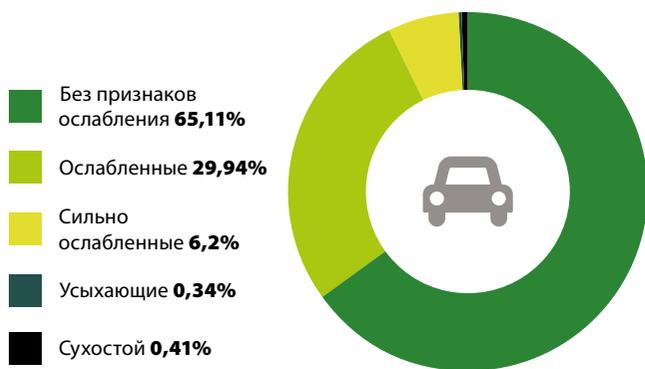
Все обследованные породы деревьев можно расположить в следующем порядке по мере улучшения их состояния:

- поврежденные: ольха черная (средний индекс состояния за 2016–2020 гг. – 60,4%) < липа мелколистная (62,1%) < рябина обыкновенная (62,6%) < ель европейская (65,3%) < ясень обыкновенный (67,8%) < ива козья (69,5%);
- ослабленные: береза повислая (71,9%) < каштан конский (74,6%) < тополь и осина (75,5%) < вяз шершавый (76,5%) < дуб черешчатый (77,2%) < сосна обыкновенная (79,2%);
- здоровые с признаками ослабления: клен остролистный (84,9%) < лиственница европейская (86,6%).

Низкое жизненное состояние ольхи черной объясняется ее произрастанием на пониженных участках, где дорога обычно проходит в насыпи, а также накоплением рассолов, стекающих в ложбины. Липа обладает низкой устойчивостью к воздействию солей (рис. 4), по-видимому, из-за малой толщины коры 1–2-летних побегов и чешуек на почках, не способных противодействовать проникновению хлоридов. Более других пород оказывались поврежденными молодые деревья ели и подрост всех хвойных пород, подлесок можжевельника (вплоть до полной гибели).

В период вегетации происходит частичное восстановление даже сильно поврежденных деревьев и древостоев в целом, обусловленное смывом повреждающих реагентов с крон и вымыванием из почвы осадками. Тем не менее утрата 25–70% ассимиляционного аппарата неизбежно ведет к общему ослаблению растений и снижению их устойчивости к воздействию ПГР в будущем. На участках, где в опушечной зоне оперативно проводятся санитарные рубки, удаляются усыхающие деревья и сухостой, насаждения оздоравливаются. При этом, однако, следующей зимой вредоносному влиянию подвергнутся уже новые, ранее защищенные старыми опушечными посадками особи.

РЕСПУБЛИКАНСКИЕ АВТОДОРОГИ



МАГИСТРАЛЬНЫЕ АВТОДОРОГИ

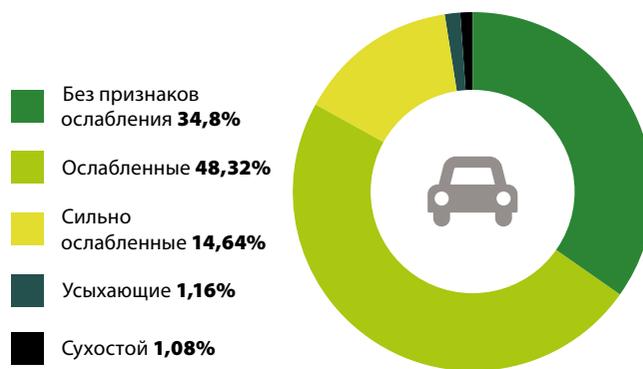


Рис. 2. Распределение деревьев на опушках, прилегающих к автомагистралям и автодорогам республиканского значения, по категориям жизненного состояния (в среднем за 2016–2020 гг.)

Для оценки корреляционной зависимости состояния насаждений от нагрузки на автодорогу (интенсивности движения, авт./сут; расхода соли, кг/м²) и ее размещения (то есть расстояния до опушки насаждений и положение в рельефе) были проанализированы данные мониторинговых наблюдений за 2004–2020 гг. на различных участках автострад (таблица). Полученные коэффициенты множественной корреляции по некоторым показателям близки к 1. Поэтому можно предположить наличие линейной связи между состоянием древостоев на опушках и их удалением от полотна дороги, а также ее положением относительно прилегающих территорий, интенсивностью движения транспортных средств и суммарным расходом соли в зимний период.

В последние годы состояние древостоев определяется еще и погодно-климатическими условиями

прошедших зимы и весны. Так, поздняя и засушливая весна в 2017 и 2019 гг. не способствовала смыву загрязняющих веществ и ПГР с ветвей, побегов и хвои до начала вегетации, что привело к повреждению распускающихся почек, а в целом сказалось на произрастающих на опушках деревьях. В 2020 г. была отмечена аномально теплая зима, и хотя при этом количество внесенных противогололедных реагентов оказалось максимальным за последние годы, впервые за последние 5 лет было отмечено незначительное улучшение состояния древесных насаждений.

Состояние нижних ярусов лесной растительности. Оценка фитоценотической структуры лесов вдоль автомобильных дорог показала, что растительный покров представляет собой мозаику

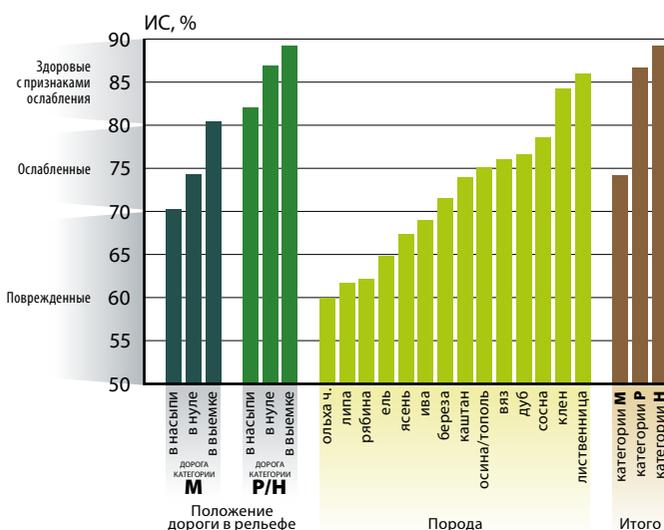


Рис. 3. Индексы состояния древостоев на опушках лесных насаждений вдоль автодорог (в среднем за 2016–2020 гг.)



Рис. 4. Повреждение липы вдоль автодороги М1/Е30

Показатели положения дороги и нагрузок на нее	Показатели состояния древостоев			
	Дефолиация в опушечной зоне (0–20 м)	ИС в опушечной зоне (0–20 м)	Дефолиация на опушках (на глубину 1–2 деревьев)	ИС на опушках (на глубину 1–2 деревьев)
Коэффициенты корреляции между показателями состояния древостоев и нагрузок на автодорогах				
Интенсивность движения, авт./сут	0,68	–0,72	–0,87	–0,93
Расход соли, кг/м ²	0,27*	–0,28	–0,52	–0,60
Коэффициенты множественной корреляции между показателями состояния древостоев, положения дороги и нагрузок на автодорогах				
Расстояние от полотна дороги, м; Положение дороги в рельефе; Интенсивность движения, авт./сут	0,75	0,78	0,92	0,93
Расстояние от полотна дороги, м; Положение дороги в рельефе; Расход соли, кг/м ²	0,52	0,53	0,74	0,75
Расстояние от полотна дороги, м; Положение дороги в рельефе; Интенсивность движения, авт./сут; Расход соли, кг/м ²	0,76	0,80	0,92	0,94

Таблица. Коэффициенты корреляции между показателями состояния древостоев, положения дороги и нагрузок на автодорогах

* – зависимость между показателями не имеет достоверного отличия от 0 при $P = 0,95$

парцелл различного динамического статуса и генезиса. Очевидно, что соотношение их различных категорий в сложении фитоценозов и пространственное распределение последних в зависимости от источника антропогенной нагрузки отличается на участках с различными условиями произрастания, исходной структурой сообществ, характером и интенсивностью воздействия. Общая картина соотношения различных динамических категорий парцелл в составе исследуемых фитоценозов

показана на рис. 5, что позволяет уже в первом приближении оценить степень трансформированности растительных комплексов в зависимости от направленной на них антропогенной нагрузки.

В лесных фитоценозах вдоль автомагистралей доля коренных парцелл, соответствующих условиям местопроизрастания, варьирует от 46,6% (М1/Е30) до 65,8% (М6/Е28). При этом в окрестностях автодороги М9 (МКАД) собственно коренные парцеллы почти не представлены (4,0%); преобладают коренные трансформированные дигрессивные (35,7%) и производные (в том числе дигрессивные – 22,1%). Процессы, протекающие в растительных сообществах вдоль таких трасс, напоминают ход природных сукцессий в нарушенных естественных лесах. Доминирующая тенденция динамики растительного покрова характеризуется дигрессивными антропогенными изменениями в трансформированных сообществах, когда меняется облик и структура нижних ярусов лесной растительности: происходит деградация мохового покрова, смена лесных видов сорными, полевыми и луговыми (нитрофилами и дерновинными злаками), уплотнение верхних слоев почвы, ведущее к ухудшению ее водно-воздушного режима, что иногда приводит к усыханию древесного яруса. Лесные сообщества, расположенные вблизи республиканских дорог, менее трансформированы: происходящие в их группировках процессы напоминают ход естественных природных сукцессий, а доля всех категорий коренных парцелл высокая – 88,9–95,6%.

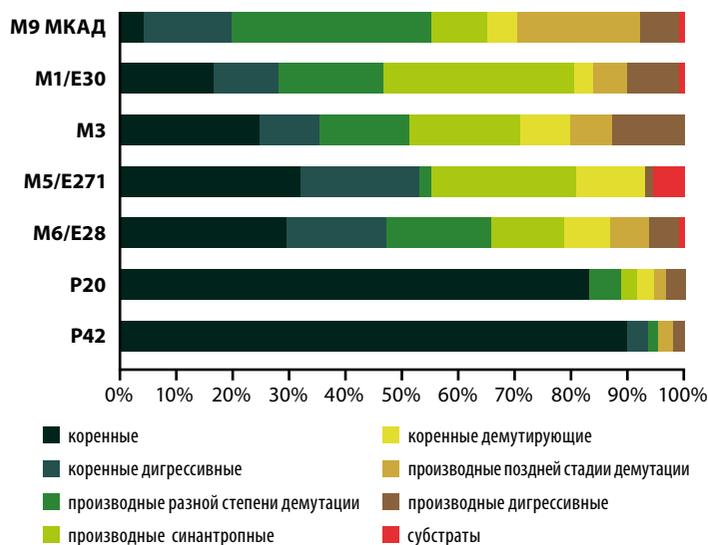


Рис. 5. Доля (%) парцелл различных динамических категорий в сложении лесных фитоценозов вдоль дорог различных категорий

СОСТОЯНИЕ ЛУГОВОЙ И БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Анализ степени нарушенности луговой и болотной растительности на придорожных территориях показал, что под влиянием автотрасс в значительной степени изменены экологический режим и специфика травяных фитоценозов.

Флористическая специфика различных типов луговой и болотной растительности вдоль автомобильных дорог определяется особенностями почвенного покрова придорожных территорий, их положением в рельефе, видовым составом прилегающих биотопов, непосредственной близостью к дороге и характером хозяйственного использования земель [7]. С ростом нагрузки на автострады происходит формирование синантропных комплексов путем замены растений-аборигенов сорными, которые способны выдерживать интенсивные антропогенные нагрузки, произрастать в широком диапазоне экологических условий, приспосабливаясь и активно внедряясь в культурные посевы и природные экосистемы. Дороги, таким образом, способствуют распространению и натурализации инвазивной и сорной флоры, ее переходу из нарушенных мест в культурные сообщества и дестабилизации естественного растительного покрова (рис. 6). В результате формируются разнообразные типы синантропных и синантропизированных сообществ из местных видов и адвентивных элементов, имеющие широкие экологические и сукцессионные диапазоны и встречающиеся во многих фитоценозах, что свидетельствует о разной степени их антропоотолерантности.

Внутри обследованных болотных массивов доля адвентивных видов низкая, а участие апофитов



Рис. 6. Инвазия борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) вдоль автодороги М6/Е28

в структуре произрастающих фитоценозов минимально. Вероятно, устойчивость болотных сообществ по отношению к процессам синантропизации объясняется морфолого-экологическими свойствами доминирующих болотных видов (например, тростника южного или сфагновых мхов), а также неспособностью инвазионных видов к заселению обводненных ацидофильных местообитаний.

Сообщества придорожной луговой растительности в большинстве своем отнесены к категориям сильно синантропизированных и синантропных. При этом наблюдается (и прогнозируется в дальнейшем) их деградация. Основная причина заключается в недостаточной экологической емкости (произошедшей коренной трансформации рельефа и гидрологического режима местности при строительстве или реконструкции автодорог, а также интенсивного сельскохозяйственного использования земель) придорожных территорий. Ситуация усугубляется многочисленными инвазиями адвентивных видов, которые встраиваются в структуру еще существующих луговых сообществ. При этом проведенные геоботанические исследования позволили разграничить комплекс адвентивных видов, стабильно не «продвигающихся» от автомагистрали более чем на 1–10 м, от ряда опасных видов-трансформеров, которые на отдельных участках автодорог встречаются на расстояниях от трассы в 250 м и более. Расчет индекса синантропизации позволил четко дифференцировать исследуемые луговые фитоценозы, произрастающие на разном удалении от автодороги, по степени антропогенного преобразования. В 10-метровой зоне отмечены исключительно сильно синантропизированные и синантропные сообщества, в 50- и 250-метровой полосе сформировались сильно- и среднесинантропизированные фитоценозы (рис. 7).

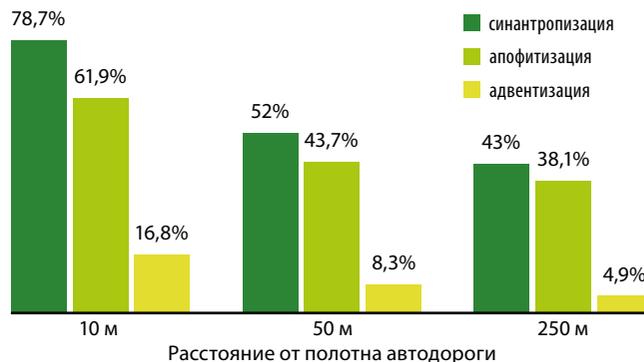


Рис. 7. Характеристика индексов синантропизации, апофитизации и адвентизации для сообществ класса *Molinio-Arrhenatheretea* в 250-метровой полосе вдоль магистральных автодорог

В целом следует заключить, что процессы синантропизации и адвентизации – нежелательное следствие влияния дороги, как правило, ведущее к обеднению видового разнообразия придорожных территорий, причем чем активнее протекают эти процессы, тем интенсивнее снижается биоразнообразие; при этом основными доминантами синантропизированных и синантропных сообществ становятся именно сорные растения со стратегией виолентов-эксплерентов либо адвентивные виды. Для прогноза дальнейшего развития синантропизации и разработки мер по уменьшению его пагубного влияния необходим мониторинг этого процесса.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Состояние отдельных компонентов лесных биогеоценозов, а также защитных древесных насаждений вдоль автодорог убеждает в необходимости принятия мер по поддержанию их устойчивости и функциональной эффективности: организационно-технических, технологических, агротехнических и лесохозяйственных. Разработанные рекомендации и комплекс мероприятий предназначены для проектировщиков, специалистов дорожной отрасли и могут быть учтены при корректировке действующих нормативных дорожно-методических документов по озеленению и благоустройству придорожных территорий [8–10]. Общие принципы реализации предложенных рекомендаций можно свести к следующему:

- *приведение объема применения галита в качестве ПГР в соответствие с нормативами и соблюдение существующих требований по содержанию автодорог;*
- *повышение устойчивости придорожных древесных насаждений путем трансформации относительно малоустойчивых чистых и одновозрастных древостоев в более устойчивые смешанные и разновозрастные (путем рубок ухода, переформирования, ландшафтных и санитарных рубок, производства культур (в том числе подпологовых), мерами содействия естественному возобновлению);*
- *регулирование породного состава путем введения (сохранения) устойчивых древесных пород, которые соответствуют условиям климата и почвенной среды конкретного местоположения, переносят техногенные выбросы и засоление почв;*
- *реализация в полосе опушек и линейных защитных посадках комплекса агротехнических*

и профилактических мероприятий, включающих обмыв кроны, подкормку, полив, санитарную обрезку, защиту от вредителей и механических повреждений, профилактику заболеваний; проведение ранневесенних поливов обочин дорог и насаждений сразу после схода снега для ускорения промывания корнеобитаемого слоя почвы и самих деревьев от солей;

- *применение исключительно весенней посадки деревьев и кустарников, по возможности с закрытой корневой системой (при подготовке посадочного места его дно следует разрыхлить на глубину 10–15 см, а затем уложить слой крупнозернистого песка или щебня толщиной 15–25 см для обеспечения дренажа почвогрунта, прерывания капиллярного подъема минерализованных растворов к корням растений и поверхности почвы, изоляции корней от контакта с неблагоприятными грунтами и водами);*
- *выращивание устойчивого травяного покрова путем посева многолетних трав или дерновки; применение корневищных, корневищных рыхлокустовых и рыхлокустовых многолетних злаковых трав, образующих прочную дернину. К числу наиболее эффективных относятся: овсяница луговая и красная, райграс пастбищный и многоукосный, мятлик луговой и обыкновенный, полевица белая, обыкновенная и побегоносная, донник белый и желтый, костер безостый и др.; наиболее устойчивый газон дает смесь из 3–4 трав;*
- *создание на нелесистых придорожных участках защитных полос зеленых насаждений, которые будут препятствовать переносу дорожной пыли и солей, для ограничения загрязняемого пространства. При этом следует использовать ассортимент соле- и газоустойчивых растений и производить посадки (посевы) на расстоянии 20 м и далее от проезжей части (так как солеустойчивость рекомендуемых видов значительно уступает настоящим галофитам). Ближе к трассе необходимо сажать деревья и кустарники-«фильтры»;*
- *проведение санитарно-оздоровительных мероприятий по мере необходимости в максимально оперативном режиме;*
- *продолжение исследовательских работ для решения проблемы усыхания древесных насаждений, особенно на наиболее экологически напряженных участках автодорог (применение альтернативных, менее агрессивных в отношении природной растительности противогололедных реагентов; обработка поздней осенью специальными защит-*

ными составами крон деревьев в опушках древостоев, линейных древесно-кустарниковых насаждениях вдоль автомагистралей от воздействия агрессивных водно-солевых воздушных взвесей; использование на наиболее опасных участках защитных экранов или 1–2 рядов искусственных деревьев для защиты лесных массивов от воздействия соляных взвесей).

В последнее время в мировой практике озеленения приоритеты сдвигаются в сторону сохранения естественных экосистем, а не создания искусственных. Зарубежный опыт и оригинальные исследования показали, что вдоль дорог сохраняется высокий, в том числе адаптационный потенциал природной флоры, позволяющий при изменении режима кошения сформировать устойчивые растительные сообщества и повысить эстетику и биоразнообразие придорожных территорий. Благодаря многообразию составляющих видов, адаптированных в ходе совместной эволюции, естественные экосистемы способны к саморегуляции, развитию и самовосстановлению. Для внедрения данной стратегии необходима адаптация существующих технологий управления придорожными экосистемами, в основе которых акцент приоритетов будет направлен на сохранение, восстановление и формирование естественных травянистых сообществ из видов природной декоративной флоры.

Реализация данной стратегии приведет к:

- *повышению эстетичности придорожных территорий;*
- *росту биологического разнообразия и устойчивости придорожных экосистем, снижению эрозии склонов (генотипы природной флоры, используемые при озеленении, наиболее устойчивы к условиям конкретной территории и болезням; естественные биоценозы и экосистемы способны к саморегуляции и самовосстановлению, не требуют значительных затрат на дополнительный уход – полив, прополку, внесение удобрений и пр.);*
- *снижению затрат человеческого и материального ресурсов на содержание придорожных полос (сокращение кошения с 3 до 1 раза в год, а его площади – с 3 га до 0,3 га на 1 км дороги);*
- *получению экономического эффекта при сохранении и поддержании существующих качественных естественных растительных сообществ по сравнению с восстановлением при их деградации; экологического эффекта при восстановлении редких природных экосистем (сохранение и поддержание естественных экотопов существенно менее экономически затратно по сравнению с вложениями в их формирование).*

Реализация концепции предусматривает разработку ассортимента аборигенных видов растений, которые могут быть внедрены при озеленении придорожных территорий (как существующих дорог, так и при прокладке новых магистралей) с учетом их локальных геоботанических и эдафических особенностей, создание банка семян травосмеси, формирование естественных генетических резерватов (полевых банков) луговой флоры для каждого геоботанического округа для сохранения экосистемного и генетического соответствия. **■**

■ **Summary.** The article provides data on the results of long-term monitoring of the state of vegetation along the main highways of Belarus, caused by environmental pollution in roadside strips with deicing reagents based on sodium chloride in winter in combination with a set of other negative factors (exhaust gases from mobile sources of pollution, changes in environmental conditions, extreme manifestations of weather and climatic factors).

■ **Keywords:** road, roadside territory, antiglaze reagents, state, forest, meadow and swamp vegetation.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-34-41>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А.В. Пугачевского. – И-т эксперим. ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск, 2011.
2. ICP Forests Manual // icp-forests.net/page/icp-forests-manual.
3. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь (утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 19.12.2016 №79). – Минск, 2016.
4. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А. Алексеев, О.Г. Чертов, С.А. Сергеевич и др.; под ред. В.А. Алексеева – Л., 1990.
5. Судник А.В., Голушко Р.М. Состояние лесных и защитных древесных насаждений вдоль автомобильных дорог в Беларуси (по данным мониторинговых наблюдений) / Маніторынг і ацэнка стану расліннага свету / Матэрыялы V Міжн. нав. канф. – Минск, 2018.
6. Яковлев А.П., Судник А.В. Влияние солевых реагентов на экологическое состояние почвы и растений в городской среде / А.П. Яковлев, А.В. Судник // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь: тез. Респ. науч.-практ. семинара – Минск, 2018.
7. Судник А.В., Терещенко С.С. Особенности синантропизации придорожной травянистой растительности вдоль автомобильных дорог Беларуси / Маніторынг і ацэнка стану расліннага свету / Матэрыялы V Міжн. нав. канф. – Минск, 2018.
8. ТКП 337–2017 (33200). Автомобильные дороги. Правила благоустройства и озеленения. – Минск, 2017.
9. Судник А.В., Яковлев А.П. Типовая схема проектирования мероприятий по минимизации воздействия автомобильных дорог на растительность придорожных территорий / Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2015.
10. Судник А.В. Разработка комплекса мер по минимизации воздействия строительства и содержания автодорог на растительность придорожных территорий // Сборник научных трудов «Природные ресурсы и окружающая среда». – Минск, 2016. С. 113–117.

 http://innosfera.by/2021/11/antiglaze_reagents

Статья поступила в редакцию 24.05.2021 г.

МОТИВАЦИОННЫЙ КОМПОНЕНТ ИННОВАЦИОННОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ



Лариса Тригубович,
завкафедрой экономики
и управления Института
повышения квалификации
и переподготовки работников
Министерства труда и социальной
защиты Республики Беларусь,
кандидат экономических
наук, доцент

На протяжении многих лет многие государства разрабатывают инновационные модели и инструменты политики, рассматривая инновации как драйвер экономического роста. Сегодня они выступают и важным аспектом экономической безопасности, и фактором устойчивого развития, и условием повышения благосостояния населения. Возникновение острых экологических проблем, включая изменение климата, истощение ресурсов и загрязнение, привело к появлению системных инноваций. В принятой Генеральной Ассамблеей ООН 25 сентября 2015 г. резолюции «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», им отведена ключевая роль в достижении целевых показателей по всем ЦУР.

Все это предопределяет выбор принципов и подходов к управлению инновационными процессами, разработке стратегии, которая учитывает глубокие изменения в экономических и общественных взаимоотношениях, обусловленные применением инноваций. В последнее время значительно расширился спектр применения

инструментов государственного стимулирования инновационной деятельности. Это позволяет тесно увязать инновационную политику с другими направлениями социально-экономического развития государства [1].

В Беларуси последовательно реализуется политика построения инновационной экономики: определяются пути ускорения данного процесса, долгосрочные ориентиры научно-технического развития, совершенствуется инновационная инфраструктура, принимаются меры по созданию благоприятного правового и экономического климата, создана национальная инновационная система (НИС), предприняты существенные усилия по укреплению сектора научных исследований и научно-технических разработок.

Однако на практике не прослеживается прямой зависимости между объемом инвестиций, вкладываемых в разработку инновационных продуктов и технологий, непосредственным внедрением инноваций в практику и темпами экономического роста страны. Не происходит значимых изменений и в технологической структуре промышленности: в отечественной экономике низкотехнологичные и среднетехнологичные предприятия формируют почти 70% объема производства. То есть инновационная деятельность не оказывает существенного влияния на структуру производства, которая сложилась в экономике в советский период, и имеет ярко выраженный индустриальный характер с большим количеством крупных конечных субъектов хозяйствования, обладающих известными торговыми марками.

Анализ данных Национального статистического комитета Республики Беларусь свидетельствует, что удельный вес инновационно активных организаций в нашей стране за последние 10 лет не увеличивается и стабильно составляет порядка 20%. Доля отгруженной инновационной продукции и оказанных услуг инновационного характера в общем объеме отгруженной продукции и услуг колеблется в интервале 15–17% (таблица).

Одна из причин сложившихся тенденций заключается в низкой восприимчивости субъектов экономики и общества в целом к инновациям. Именно это базовое свойство определяет готовность экономики к их освоению и использованию для социально-экономического развития. От него зависят и инновационная активность организаций, и заинтересованность общества в широком применении новшеств, и готовность инвесторов к вложению средств в инновационные процессы, имеющие высокую степень риска [2].

В научной литературе до сих пор не сформировалось общее представление о сущности понятия «инновационная восприимчивость». Основные варианты его интерпретации можно свести к следующим трактовкам:

- часть инновационного потенциала субъекта экономики, которая представляет собой способность получать и использовать

Показатели	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Уровень инновационной активности организаций, %	18,1	24,3	24,8	24,4	22,8	21,1	21,1	19,8	20,3	19,8	19,5
Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в отчетном году, в общем числе организаций, %	15,2	21,7	22,7	21,5	20,1	18,9	19,5	21,6	22,0	21,1	20,6
Удельный вес отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) и оказанных услуг инновационного характера в общем объеме отгруженной продукции (работ, услуг) и оказанных услуг, %	14,5	14,4	17,8	17,8	13,9	13,1	16,3	16,2	17,3	15,3	15,7
Удельный вес отгруженной инновационной продукции промышленности, новой для мирового рынка, %	0,8	1,1	0,7	0,6	1,2	1,8	0,6	0,6	1,3	1,7	0,5

Таблица. Основные показатели инновационной деятельности Беларуси

Примечание: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь

информацию, необходимую для осуществления инновационной деятельности;

- степень готовности предприятия к участию в инновационных процессах и основа инновационной активности;
- объем освоения инноваций и (или) общее количество нововведений, освоенных (или принятых к освоению) на конкретном объекте в определенный момент времени;
- комплексная интегральная характеристика всего инновационного процесса;
- некая способность к изменениям;
- функция спроса на новые продукты и технологии;
- один из равноценных синонимов в ряду терминов «инновационная восприимчивость», «восприимчивость к инновациям и нововведениям», «приемлемость инновации», «инновативность», «инновационность», «инновационная возможность» и др. [3–5].

Чаще всего понятие «инновационная восприимчивость» применяется по отношению к предприятиям и организациям, а в качестве цели определяется обеспечение и расширение потребительского спроса на инновации.

Специфика инновационного развития национальной экономики во многом обусловлена мотивацией принятия управленческих решений и характером взаимодействия участников инновационных преобразований. И низкая инновационная восприимчивость, по нашей оценке, является причиной существующего здесь противоречия. С одной стороны, посредством создания институциональной среды и использования различных инструментов государственного регулирования в экономике стимулируется общественная потребность в получении нового качества жизни за счет разработки и внедрения нововведений в производство и социальную сферу. С другой стороны, данная потребность не актуальна для большинства хозяйствующих субъектов. При этом логика принятия ими решений, касающихся инновационного развития, несколько искажена: не инновационное воздействие выступает источником повышения экономических возможностей предприятий, а финансовая недостаточность признается ключевой причиной слабой инновационной активности. Тем самым низкий спрос на новшества предопределяет невысокую эффективность функционирования организаций и существенное технологическое отставание соответствующих секторов экономики от передовых стран.

Практика показывает, что, несмотря на активно проводимую в Беларуси модернизацию отдельных предприятий, в целом их производственная база характеризуется высокими показателями износа. Переход на использование новых технологий сдерживается отсутствием достаточных финансовых ресурсов и возможностей их эффективного привлечения. Действующие механизмы государственной поддержки инновационных процессов не приводят к реализации полномасштабных изменений. Руководители субъектов хозяйствования в большинстве случаев не заинтересованы в реализации инноваций, поскольку они влекут за собой неопределенность, риск и изменение устоявшихся порядков. И сами новаторы не проявляют активность в этом деле ввиду отсутствия мотивов. Кроме того, как показали наши исследования, белорусское общество в большинстве своем не готово массово и активно использовать нововведения, а также воспринимать данный процесс как объективную необходимость [6].

В этой связи считаем важным актуализировать рассмотрение экономической категории «инновационная восприимчивость» с позиций мотивации участия различных субъектов экономики в инновационной деятельности. Такой подход позволит определить и исследовать заинтересованность сторон в инновационном развитии экономики, выявить барьеры, сдерживающие спрос на нововведения, дифференцировать направленность управленческого воздействия и выбор рычагов стимулирования в зависимости от целей управления.

Этот аспект представляется важным, поскольку инновационная деятельность многофакторна, многообразна, сложно структурируема и охватывает широкий спектр направлений. Так, можно создать значительный инновационный потенциал, направить существенный объем ресурсов на стимулирование инновационной активности, но низкий уровень инновационной восприимчивости не позволит получить запланированные результаты [7].

В данном контексте предлагаем следующую трактовку рассматриваемого понятия: инновационная восприимчивость представляет собой системную характеристику субъекта экономики, которая базируется на его экономических и социальных инновационных интересах, является мотивационной основой принятия решений и предопределяет тип поведения, выбор кон-

кретных действий в отношении создания, продвижения и использования нововведений.

Из авторского определения понятия инновационной восприимчивости следует, что данная характеристика служит субъективной оценкой значимости инновационной деятельности. В зависимости от заинтересованности субъекта экономики в восприятии конкретных инноваций, под влиянием факторов внешней и внутренней среды потенциальные возможности их внедрения могут быть преобразованы в новые качества и компетенции данного субъекта. Соответственно, от инновационной восприимчивости зависит выбор его целевых ориентиров, стратегических факторов влияния, определение конкурентных преимуществ, аудиторий и партнеров. Под ее влиянием формируется характер взаимодействия субъектов, как непосредственно участвующих в инновационном движении, так и обеспечивающих эффективное функционирование трансформированных производств и процессов. То есть можно утверждать, что именно эта системная характеристика предопределяет характер управленческих решений при формировании цепочек ценностей, свойственных для конкретных видов деятельности, успешность изменения внутренних и внешних взаимосвязей в социально-экономической системе, происходящих под воздействием инноваций.

Ключевая особенность инновационной восприимчивости заключается именно в том, что это субъектная характеристика. Она может быть индивидуальной, групповой, коллективной, производственной, административной, но в любом случае связанной с конкретным субъектом экономики. То есть при всей важности влияния на реализацию инновационных процессов, независимо от уровня социально-экономической системы, в которой он действует, направленности осуществляемых процессов, восприятие инноваций и готовность к активной инновационной работе зависит от собственного представления лиц, принимающих решения [8].

Часто неудачи инновационных инициатив связываются с недостатком финансирования, нехваткой необходимых ресурсов и средств производства, организационной несогласованностью и т.д. Однако на самом деле первопричиной нереализованных инновационных возможностей в экономике, по нашей оценке, выступает отсутствие экономических и социальных инновационных интересов у конкретных руководи-

телей и специалистов, связанных с инновационной деятельностью. Так, субъекты экономики находят различные способы привлечения ресурсов через договоры, соглашения, кооперацию при высокой инновационной восприимчивости.

Подтверждением ее субъективной основы являются избирательность инновационной деятельности, которая приводит к сосредоточению инновационного потенциала экономики на отдельных направлениях, и высокая результативность внешнего воздействия, в том числе по стимулированию инноваций, которое способствует трансформации представлений человека о своих возможностях и содержании работы.

В заключение следует отметить, что инновационные процессы реализуются в нестабильной и динамичной среде, и инновационная восприимчивость также не постоянная характеристика. Поэтому одна из важных задач управления инновационным развитием экономики – формирование и повышение инновационной восприимчивости субъектов экономики, мотивирующей их на активизацию участия в инновационной деятельности, поиск вариантов для преодоления существующих барьеров и одновременное ослабление сдерживающих факторов. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей ООН: 25 сент. 2015 г. // https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf.
2. Л.Г. Тригубович. Анализ государственной политики по формированию инновационной восприимчивости экономики / Л.Г. Тригубович // Экономика и банки. 2019. №1. С. 101–105.
3. М. Вайтешонок. Инновационная восприимчивость как обобщающий показатель способности к инновационной деятельности / М. Вайтешонок, И. Парамонова // Наука и инновации. 2015. №1 (143). С. 29–32.
4. О.Б. Мусийовская. Теоретические аспекты формирования инновационной восприимчивости предприятия / О.Б. Мусийовская // Проблемы экономики и менеджмента. 2013. №11 (27). С. 47–55.
5. О.Н. Владимирова. К вопросу о классификации факторов формирования инновационной восприимчивости региона / О.Н. Владимирова, О.Ю. Дягель // Корпоративные финансы. 2011. №2. С. 43–53.
6. Тригубович Л.Г. Направления развития инновационной сферы Республики Беларусь / Л.Г. Тригубович. – Минск, 2017.
7. Мировой опыт стимулирования инновационного развития экономики: механизмы, инструменты, перспективы адаптации для Республики Беларусь / Д.В. Муха [и др.]; под ред. Д.В. Мухи; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск, 2020.
8. В.И. Бельский. Мотивационная основа инновационной деятельности как источник интенсификации развития экономики / В.И. Бельский, Л.Г. Тригубович // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. гуманіт. навук. 2019. Т. 64, №4. С. 502–509.



ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНДОНЕЗИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

УДК 339.97



Александр Янчук,
завкафедрой мировой
экономики БГЭУ, кандидат
экономических наук, доцент;
sandro.janchuk@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты комплексного анализа национальной инновационной системы (НИС) Индонезии и выявлены основные тенденции ее развития в условиях глобальных изменений, определены преимущества и недостатки входящих в нее организаций. Рассматриваются проблемы формирования региональных инновационных систем (РИС), показан положительный опыт города Бандунг в этой сфере, даны рекомендации по совершенствованию политики усиления НИС и РИС для противостояния глобальным вызовам.

Ключевые слова: национальная инновационная система, региональная инновационная система, инновационное развитие, Индонезия, устойчивость экономического развития, инновационная политика.

Для цитирования: Янчук А. Инновационная система Индонезии в условиях глобальных изменений // Наука и инновации. 2021. №11. С. 46-51. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-46-51>

Экономика Индонезии – одна из самых крупных в Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН). Свой отпечаток на ее развитие накладывает островной характер и большая площадь (1,9 млн км²) страны, в которой проживает более 300 этнических групп и преобладающей религией является ислам. В этих условиях она продемонстрировала значительный рост после азиатского финансового кризиса конца 1990-х гг.

По данным 2020 г. Индонезия является четвертой по численности населения страной в мире (273,5 млн чел.), ее валовой национальный доход составил 1058 млрд долл., а на душу населения – 3,87 тыс. долл. В структуре экономики промышленность занимает около 40%, сельское хозяйство – около 15%. Экспорт товаров и услуг равен 17% ВВП, импорт – 16%. Кроме того, государство добилось существенных успехов в сни-

жении уровня бедности, сократив ее более чем наполовину с 1999 г. – до 9,8% в 2020 г. и получило статус страны с доходом выше среднего.

Экономический рост Индонезии основывается на двадцатилетнем плане, охватывающем период с 2005 по 2025 г. [1]. Он разделен на пятилетние, имеющие свои приоритетные направления. Текущий среднесрочный план рассчитан на 2020–2024 гг. и направлен на дальнейшее укрепление национальной экономики за счет повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке и развития человеческого капитала. В связи с этим большое значение придается совершенствованию национальной инновационной системы, исследование которой позволяет сделать заключение о национальных возможностях получения и использования знаний для создания и распространения инноваций, определить перспективы роста и направления международного сотрудничества.

Цель данной работы – комплексный анализ особенностей НИС Индонезии для выявления передовой практики обеспечения устойчивого экономического развития страны в условиях изменений внешнеэкономических связей и разработка соответствующих рекомендаций.

КОНЦЕПЦИЯ НИС И МЕТОДИКА ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно определению Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), инновационную деятельность можно охарактеризовать как творческий и интерактивный процесс, в котором задействованы рыночные и нерыночные институциональные системы [2]. С социальной точки зрения, его результат должен содержать не только новую идею, но и быть полезным для индивидуумов.

Инновационную систему (иногда употребляется термин «инновационный кластер») определяют как совокупность субъектов или заинтересованных сторон (институтов), которые взаимодействуют, сотрудничают и распространяют новые и экономически выгодные знания в процессе производства. Условно в ней можно выделить четыре сектора (рис. 1).

В базовой концепции НИС включает субъекты, институты, сети, партнерства, отношения и производственные процессы, влияющие на скорость и направление инновационного развития, распространение инноваций и обучение. В итоге обеспечивается сдвиг с доминиру-

ПРОИЗВОДСТВО:
создатель инновационной продукции

НАУКА: генератор новых идей

ПРОДУКТОВЫЕ УСЛУГИ: распространение инноваций

ОРГАНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ: формирование и обеспечение функционирования системы

Рис. 1. Секторы инновационной системы

ющей линейной модели в сторону интерактивной и взаимодействующей, особенно при получении и распространении нового знания.

По мнению экспертов ОЭСР, необходимость выстраивания НИС объясняют три причины [3]:

- *увеличившаяся роль знаний: экономическая деятельность становится более наукоемкой, о чем свидетельствует рост производства продукции высокотехнологичных отраслей и возрастающий спрос на высококвалифицированных специалистов;*
- *повышение системного мышления среди лиц, принимающих решения: произошла эволюция от простой (линейной) модели развития инноваций к созданию сложных процессов взаимодействия между различными участниками в рамках НИС, которые требуют системного подхода;*
- *рост количества организаций, участвующих в создании знаний и обеспечивающих движение информационных потоков из различных сфер деятельности, что приводит к результативному сочетанию данных и разработке инноваций.*

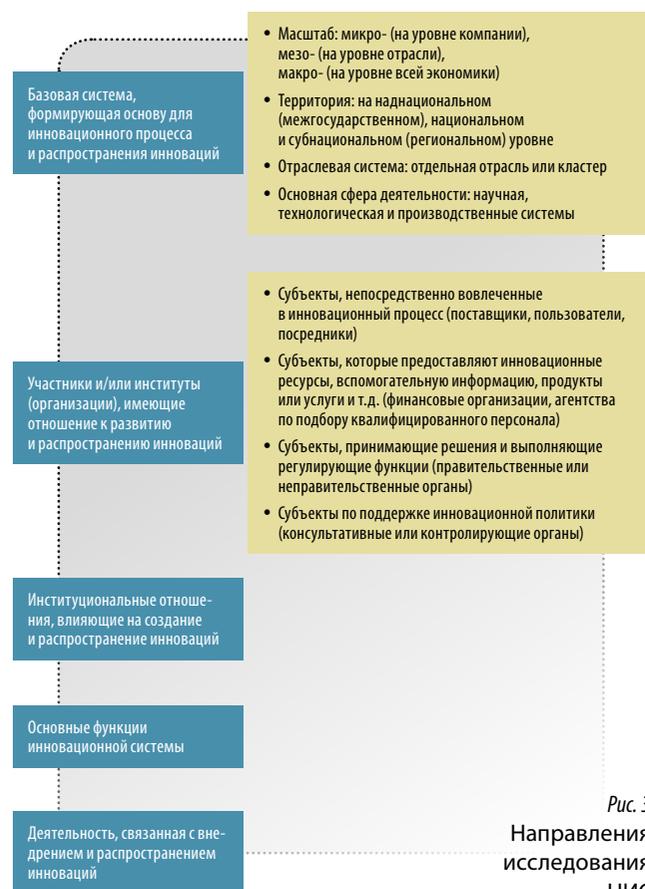


Рис. 2. Характеристики НИС

Базовая концепция НИС акцентирует внимание на потоках знаний между различными участниками системы, выделяет обучение и инновационную активность в качестве основных видов деятельности. В исследованиях предлагаются следующие характеристики НИС, представленные на *рис. 2*.

При исследовании инновационных систем можно выделить структуру, обозначенную на *рис. 3*.

В 1990-х гг., после возникновения и развития базовой концепции НИС, было обращено внимание на региональные инновационные системы (РИС). Как уже отмечалось, произошел сдвиг теоретической парадигмы инноваций с линейной на динамические модели. Поэтому из-за постоянно растущего значения взаимодействия субъектов и социальных аспектов становится важной сбалансированная политика на региональном уровне. Происходит признание важности РИС: поскольку ее развитие связано с национальными показателями, то активизируя ее, правительство может создать эффективную НИС, которая будет представлять собой



матрицу региональных и отраслевых систем. В ряде стран РИС стала более актуальной и критически важной для обеспечения инновационной деятельности. Это также создало условия для увеличения значимости локальных стратегий. Однако экспертами подчеркивается, что в целом система должна оставаться единой сетью, так как инновации стремятся выйти за рамки регионов через взаимодействие субъектов.

НАЦИОНАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНДОНЕЗИИ

Индонезийское общество признало важность связей участников инновационной системы с национальными компаниями для увеличения конкурентоспособности страны. Правительство в стратегических планах начало уделять внимание совершенствованию НИС. Инновации стали рассматриваться в контексте устойчивого развития, взаимодействия общества с окружающей средой, обеспечения экономического роста, а также справедливого распределения выгод [4–7].

В 2000-х гг. был принят ряд стратегических законов и постановлений в этой сфере. Базовым можно назвать Закон Индонезии №18 от 2002 г., определивший пять групп субъектов – членов сети, задачами которых является поддержка создания инноваций с помощью науки и технологий. К ним относятся: правительство (центральное и местные органы власти); университеты и образовательные учреждения; промышленность и посреднические агентства; исследовательская ассоциация как посредник между учеными и пользователями; другие организации. В Генеральном плане ускорения и расширения экономического развития, представленном в 2011 г., одной из трех основных целей заявлено укрепление НИС в области производственного процесса и маркетинга для построения инновационной экономики.

При исследовании необходимо постоянно принимать во внимание особенности территориального расположения Индонезии и историю развития страны, что приводит к определенным трудностям в установлении субъектов системы. Так, в 2010 г. для выполнения координирующей функции был образован Национальный комитет по инновациям со следующими обязанностями:

- содействие президенту в укреплении НИС и формировании национальной инновационной культуры;

- *определение программных приоритетов и планов действий, в том числе выделение средств для развития НИС и содействия производству инновационной продукции;*
- *мониторинг и оценка реализации политики и программ по укреплению НИС.*

Вскоре после своего создания комитет внес предложения о будущем расширении НИС Индонезии. Однако после выборов в 2014 г. и вступления в должность нового президента данный орган был распущен в рамках борьбы с бюрократией и упорядочения правительственной системы управления, что привело к ослаблению усилий по гармонизации инновационной политики на национальном уровне.

В среднесрочном плане развития на 2015–2019 гг. совершенствование НИС, ее формализация и гармонизация рассматривались в качестве основного средства повышения инновационного (научного и технологического) потенциала страны. Но еще в 2017 г. структура системы находилась на стадии согласования с различными министерствами, что в итоге не привело к запланированному результату.

На *рис. 4* представлены основные элементы инновационной системы Индонезии.

В настоящее время координирующей функцией в этой сфере обладает Генеральный директорат по развитию инноваций, который контролируется Министерством исследований, технологий и высшего образования (МИТВО). Но и у него нет необходимых полномочий для осуществления межведомственного регулирования.

МИТВО отвечает за руководство государственными научно-исследовательскими предприятиями, вправе контролировать государственные НИИ, в том числе Индонезийский институт наук, Агентство по оценке и применению технологий, а также более 30 институтов прикладных изысканий.

Научная деятельность госуниверситетов, на которую приходится значительная часть расходов на НИОКР, координируется Генеральным директоратом высшего образования, который входит в состав МИТВО. Ее финансирование в основном зависит от государственного фонда, формируемого из национального бюджета. Ежегодно центральное правительство выделяет и распределяет средства на НИОКР среди министерств, государственных учреждений и университетов путем предоставления прямых грантов. Относительно ограниченные возможности финанси-

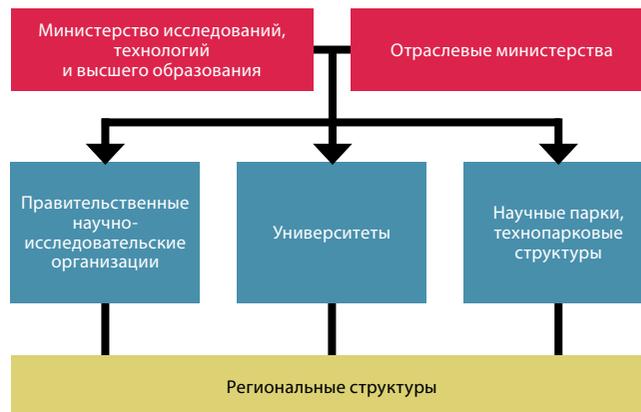


Рис. 4. Основные элементы инновационной системы Индонезии

рования НИОКР также существуют у местных органов власти и отраслевых министерств. Приоритетное внимание уделяется видам деятельности, которые, как считается, могут вносить значительный вклад в экономический рост: производство продуктов питания; текстильная и обувная промышленность; электронные, электрические и автомобильные компоненты; телекоммуникации и информатика; металлургия; нефтехимия; переработка сельскохозяйственной, лесозаготовительной продукции и морепродуктов; креативное направление и культура.

Для более широкого распространения инноваций, помимо прямого предоставления денежных средств, в Индонезии используются такие инструменты, как:

- *финансовые стимулы: конкурсные гранты, налоговые льготы и отчисления на НИОКР, страхование технологий, субсидии фирмам, партнерство в области НИОКР между правительством, университетами и промышленностью;*
- *платформы для создания и передачи новшеств: центры бизнес-инноваций, трансфера технологий, предпринимательства, тестирования и сертификации; техно- и научные парки, промышленные кластеры, особые экономические зоны, инкубаторы, а также различные специальные программы сотрудничества с иностранными компаниями или учебными центрами;*
- *развитие человеческого потенциала: госпрограммы внутреннего обучения, обмена специалистами в рамках межправительственных соглашений, подготовка исследователей в государственных университетах, выделение стипендий индонезийским студентам для обучения за рубежом.*

Отметим еще несколько ключевых участников НИС.

Индонезийский институт наук был создан в 1967 г. путем объединения нескольких организаций, а современную структуру получил в 2001 г. Его цели – содействие открытиям и обновлению знаний для повышения конкурентоспособности нации; увеличение добавленной стоимости и устойчивости использования ресурсов Индонезии; улучшение положения и имиджа страны в мировом научном сообществе; повышение научной культуры. В функции входит формулирование национальной политики в области научных изысканий; проведение фундаментальных, меж- и мультидисциплинарных исследований; мониторинг, оценка и обзор тенденций в науке и технологиях; координация деятельности; содействие государственным учреждениям в области науки; поддержка госуправления.

В стране существует и Академия наук, но ее роль более скромная. При ней действует ряд комиссий – инженерных, медицинских, социальных, фундаментальных наук и по культуре, а также под ее эгидой находятся Индонезийская академия молодых ученых и Индонезийский научный фонд, напрямую финансирующий фундаментальные и передовые исследования.

Есть также Агентство по оценке и применению технологий, в функции которого входит разработка национальной политики в этой области и содействие трансферу новшеств, и Национальное агентство по атомной энергии, занятое стратегией в области ядерных исследований и развитием надежных и устойчивых технологий в этой области.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Хотя НИС на общегосударственном уровне имеет ряд недостатков, страна демонстрирует хороший пример региональной системы [2, 8]. В 2012 г., после проведения консультаций с представителями научного сообщества, правительство официально определило направления развития РИС. Всем городам, округам, провинциям Индонезии было предписано внедрять элементы инновационной системы в свою структуру с привлечением других заинтересованных сторон. С 2001 г. местные власти ряда провинций учредили Региональный исследовательский совет и Региональное агентство по исследованиям и разработкам, чтобы обеспечить связь научной деятельности с экономическим и промышленным ростом регионов.

Успешный пример РИС демонстрирует город Бандунг, административный центр провинции

Западная Ява. В нем наиболее развито сотрудничество «четырёх спиралей» (правительство – промышленность – университет – сообщество), что делает его одним из самых творческих и инновационных городов Индонезии. Его РИС включает такие элементы, как Творческий центр, инкубаторы стартапов, форум «Креативный город», Деревня творческого туризма, Цифровая долина, программа «Малый Бандунг» (содействует продвижению местной продукции на национальном и международном рынках), технопарк, который в 2015 г. был признан образцовым, и т.д. В результате она стала платформой для создания и реализации инновационных предпринимательских проектов с участием местного общества.

Можно выделить следующие факторы, способствующие эффективности РИС в Бандунге:

- *поддержка представителей местных органов управления, которые ставят инновационную направленность в основу планирования развития города;*
- *близость к агрегаторам инновационных ресурсов, в частности научным учреждениям. Так, в городе расположено несколько известных в стране учебных заведений. Однако местные власти вышли за рамки их простого финансирования, внедрили и поддерживают платформы, связывающие участников инновационной деятельности с этими организациями как поставщиками современных кадров;*
- *активное участие в РИС частного сектора, в том числе международных компаний: власти города регулярно приглашают представителей многонациональных корпораций для сотрудничества с местными университетами или сообществами, таким образом создавая важные каналы распространения знаний;*
- *вовлечение местных уникальных сообществ в инновационную активность, что дает возможность жителям создавать новшества и реально их распространять. Например, студенты разработали и предложили технологии, которые привели к развитию ремесленной промышленности, в результате чего появился уникальный новый продукт на основе местной культуры.*

К еще одному примеру создания РИС можно отнести технополис «Национальный центр науки и технологий» в регионе Серпонг на юге Джакарты, основанный в начале 1980-х гг. В его состав входят лаборатории Индонезийского института наук и Агентства по оценке и применению технологий. Была также построена промышлен-

ная зона для привлечения наукоемких предприятий, которые могут использовать имеющиеся объекты и способствовать коммерциализации технологий. Эта практика способствует продвижению стратегических отраслей и обеспечивает государственно-частное партнерство.

Проведенный анализ тенденций развития НИС и РИС Индонезии позволяет сделать следующие выводы и рекомендации.

- *Инновационное развитие для увеличения благосостояния общества является приоритетной задачей руководства страны и тесно связано с возможностями государственных органов, определяющих и реализующих политику в этой сфере. Однако доминирующая роль правительства означает перенос всех недостатков государственного управления в инновационную систему.*
- *Ориентация на госуправление и финансирование приводит к низкой степени коммерциализации получаемых результатов, а также невысокому уровню доверия к национальным научно-исследовательским учреждениям со стороны национального и зарубежного бизнеса.*
- *Существующая политика по развитию НИС не в полной мере создает условия для формирования благоприятной инновационной экосистемы. Отсутствие единой структуры на общегосударственном уровне не дает возможности использовать все преимущества поддержки и финансирования НИОКР.*
- *В условиях недостаточно развитых связей в НИС большое значение приобретает формирование и продвижение региональных систем, которые, как показывает индонезийский опыт, при поддержке местных властей и активном вовлечении локальных сообществ могут обеспечивать условия для создания и распространения инноваций, таким образом повышая уровень устойчивости национальной экономики в целом.*

Внедрение институтов поддержки инновационного предпринимательства, привлечение частного бизнеса (особенно зарубежного, который обладает передовыми технологиями), получение уникальной продукции, в том числе в области креативной индустрии и культуры, а также тесное взаимодействие «четырех спиралей» являются ключевыми факторами развития НИС и РИС в стране, что обеспечивает экономический рост в условиях изменений внешнеэкономических связей. ■

Исследование выполнено в рамках НИР «Методологические основы и инструментарий совершенствования инновационно-инвестиционных механизмов обеспечения социально-экономической безопасности государства в условиях глобальной реконфигурации внешнеэкономических связей» по заданию ГПНИ «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства» на 2021–2025 гг., подпрограммы «Экономика».

■ **Summary.** The article presents the results of a comprehensive analysis of the functioning of the national innovation system of Indonesia and identifies the main trends in its development in the context of global changes. An overview of the basic concept of the NIS and the methods of its research is given, the main elements of the system are highlighted. The author has studied in detail the activities of organizations that are part of the national system, identified their advantages and disadvantages. Special attention is paid to the experience and problems of the formation of regional innovation systems. On the example of the city of Bandung, a positive experience of promoting innovative development in the region is studied. Based on the results obtained, the author made the appropriate conclusions and recommendations for improving the policy of strengthening NIS and RIS to counter global challenges.

■ **Keywords:** national innovation system, regional innovation system, innovative development, Indonesia, sustainability of economic development, innovation policy.

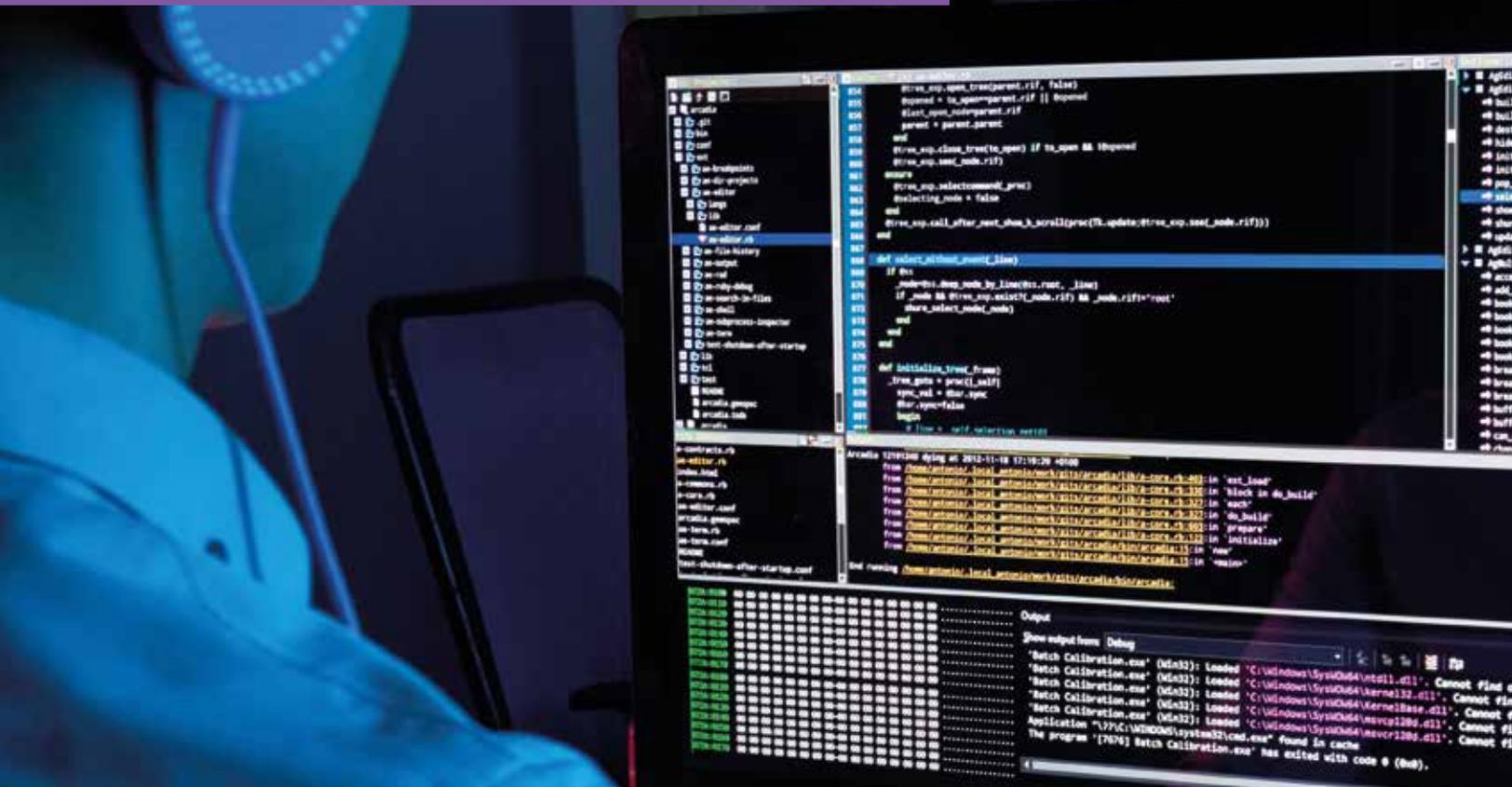
■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-46-51>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Law of the Republic of Indonesia number 17 of 2007 on Long-Term National Development Plan of 2005–2025 // https://www.bappenas.go.id/RPJPN_2005–2025.
2. Zulfika Satria Kusharsanto, Wiwandari Handayani & Artiningsih. Regional innovation system performance in Indonesia: case of Semarang and Balikpapan // The Asian Journal of Technology Management. 2017. Vol. 10. No. 2. P. 58–73. Doi: <http://dx.doi.org/10.12695/ajtm.2017.10.2.2>.
3. Leo Aldianto, Endang Sri Agustini, R. Bayuningrat H. Innovation in Indonesia: the types, the necessary factors, and the national innovation system // Portland International Center for Management of Engineering Technology Conference Proceedings, 2011 // <https://ieeexplore.ieee.org/document/6017779>.
4. Benyamin Lakitan. National innovation system in Indonesia: present status and challenges // Annual Meeting of Science and Technology Studies, Tokyo Institute of Technology, 10–12 June 2011 // <https://benyaminlakitan.files.wordpress.com/2012/02/20110610-national-innovation-system-in-indonesia-paper.pdf>.
5. CIPG and Nesta. Understanding Indonesia's innovation system // Global Innovation Policy Accelerator, 2019 // <https://www.nesta.org.uk/report/understanding-innovation-policy-makers-indonesia/>.
6. Yose Rizal Damuri, Haryo Aswicahyono, David Christian. Innovation policy in Indonesia / Innovation policy in ASEAN // edited by Masahito Ambashi. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, 2018 // <https://www.eria.org/publications/innovation-policy-in-asean/>.
7. Peter Gammeltoft, Erman Aminullah. The Indonesian innovation system at a crossroads // Asia's Innovation Systems in Transition, 2006 // https://www.academia.edu/27008924/The_Indonesian_Innovation_System_at_a_Crossroads.
8. Aritenang, Adiwan F. Regional innovation system and local economic development in Indonesia // Jurnal Tataloka. 2013. Vol. 15 No. 3. P. 175–191. Doi: 10.14710/TATALOKA.15.3.175–191.

 http://innosfera.by/2021/11/NIS_Indonesia

Статья поступила в редакцию 28.07.2021 г.

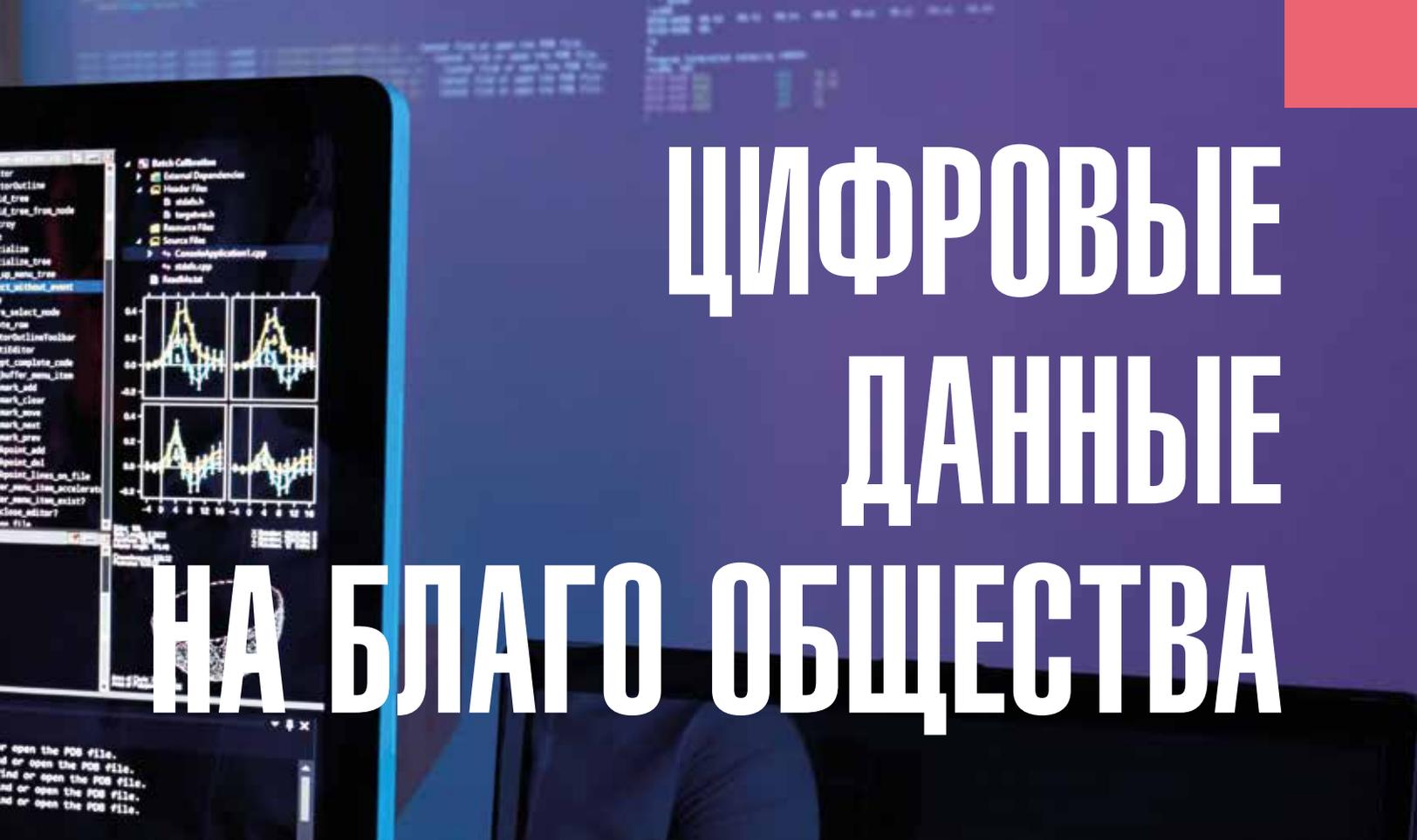


В Докладе о мировом развитии 2021 г. «Данные для лучшей жизни» анализируется огромный потенциал неуклонно возрастающего объема цифровой информации и указываются меры, способные оптимизировать эффективность ее применения для обеспечения более высокого уровня жизни населения развивающихся стран.



ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Лавинообразный рост новых данных, который наблюдается в последнее время, во многом является побочным продуктом цифровизации работы компаний, перевода финансовых транзакций в электронный формат, а также результатом использования мобильных телефонов и общения в социальных сетях. Эти сведения собираются и представляют собой подробную информацию о физических лицах, предприятиях, экономических результатах и явлениях. По мнению авторов Доклада, объединение и перепрофилирование разных видов данных оказывают существенное воздействие на процесс развития.



ЦИФРОВЫЕ ДАННЫЕ НА БЛАГО ОБЩЕСТВА

Поскольку на него влияют экономические, культурные, экологические, демографические и другие факторы, при разработке государственной политики следует учитывать каждый из них. Такой комплексный подход способствует более эффективному решению различных социально-экономических проблем, повышению качества и адресности оказания услуг.

Примером может служить интеграция данных, полученных из разных источников, для обеспечения продовольственной безопасности, повышения качества государственной политики и улучшения результатов ее реализации в таких направлениях, как мониторинг здоровья населения (включая распространение заболеваний), осуществление антикризисных мер, безопасность дорожного движе-

ния и пассажирских перевозок и т.д. Инновационные способы генерирования и использования цифровой информации позволяют общественности добиваться подотчетности органов управления при осуществлении экономической политики и облегчают проведение общественных антикоррупционных мероприятий. Одно из них – дискуссионные клубы в социальных сетях, использующие краудсорсинговые данные и веб-скрейпинг (извлечение данных со страниц веб-ресурсов). К примеру, интернет-инициатива «Я дал взятку», запущенная в 2011 г. в Индии, превратилась в одну из крупнейших в мире краудсорсинговых платформ по борьбе с коррупцией. Этот инструмент собирает сообщения граждан о противоправных действиях и совмещает их с геопростран-

ственными данными с целью выявления проблемных районов. Таким образом он помогает гражданам, общественным организациям и правительствам стоять на страже закона.

Усилить социально-экономическую ценность цифровых процессов и эффект взаимодействия между ними призвана эффективная система управления данными. К числу ее структурных элементов относятся государственная политика, законы и нормативные акты, институциональные структуры, а также соответствующие экономические меры. Управление данными ориентировано на решение внутренних задач и международных, к примеру при пресечении протекционизма в этой сфере, решении вопросов антимонопольного регулирования, борьбе с киберпреступностью и др.

БАРЬЕРЫ НА ПУТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Необходимым условием сбора, обмена, хранения, обработки и распределения данных является наличие цифровой инфраструктуры, социально-экономическая ценность которой резко увеличивается по мере подключения все большего числа граждан. Комиссия ООН по широкополосной связи поставила перед международным сообществом задачу достижения к 2025 г. 75%-ного уровня обеспечения пользователей широкополосным Интернетом. Однако ее решение связано с наличием серьезных проблем. Во-первых, в силу непрерывного развития мобильных технологий охват услугами – это постоянно меняющаяся величина. Если в 2018 г. в зоне приема сигнала 3G (скорость передачи данных 40 Мб в сек.) проживало 92% мирового населения, то у технологии 4G (400 Мб) этот показатель упал до 80%. Есть опасность того, что запуск 5G (1000 Мб) приведет к еще большему отставанию стран с низким уровнем доходов.

Для ускорения технологической модернизации систем связи необходимо создавать благоприятные условия для частных инвестиций в оптоволоконные сети и повышать эффективность управления в этом сегменте. Кроме того, нужно развивать конкуренцию в сфере предоставления широкополосного доступа и создавать стимулы поставщикам услуг в тех сегментах рынка, где ограниченный спрос позволяет поддерживать только одну инфраструктурную сеть.

Вторая проблема заключается в том, что значительная часть населения, которое не пользуется услугами передачи данных, проживает в зоне приема широкополосных сигналов. Более двух третей жителей стран с низким и средним уровнем доходов не знакомы с Интернетом, что свидетельствует о наличии серьезной проблемы цифровой грамотности. Да и смартфоны им мало доступны – их цена в базовой комплектации составляет около 80% месячного дохода 20% самых бедных граждан. Вероятно, по мере снижения стоимости в результате внедрения инноваций, конкурентного давления и надлежащей государственной политики количество пользователей Интернета будет увеличиваться. Однако даже среди тех, кто потребляет его услуги, объем передачи данных составляет всего 0,2 Гбт в месяц на душу населения – на порядок меньше того, что необходимо для обеспечения базовых потребностей.

Для ускорения технологической модернизации систем связи необходимо создавать благоприятные условия для частных инвестиций в оптоволоконные сети и повышать эффективность управления в этом сегменте

Более того, у большинства стран с низким и средним уровнем доходов нет собственных мощностей для обмена (через точки обмена интернет-трафиком, IXP), хранения (в колокационных дата-центрах) и обработки (на облачных платформах) данных, которые они сами генерируют. Вместо этого многие из них пользуются зарубежными хостингами, что требует трансграничной передачи больших объемов данных, за которую приходится расплачиваться низкой пропускной способностью и высокими ценами. Чтобы исправить положение, следует стимулировать создание местных IXP и формировать благоприятный инвестиционный климат для образования колокационных дата-центров, где можно хранить популярный веб-контент, а доступ к зарубежной облачной инфраструктуре облегчить за счет сервисов on-ramps. Такие мощности могут находиться в совместном пользовании на региональном уровне в тех случаях, когда между странами есть надлежащая оптоволоконная связь и проведена необходимая гармонизация регуляторных требований. Ввиду того, что для инфраструктуры данных установлены исключительно высокие стандарты надежности и с учетом опасений по поводу их углеродного следа требуются источники чистой и дешевой электроэнергии, наличие естественного охлаждения и минимальный уровень риска аварий – условия, которые не всегда могут обеспечиваться в развивающихся странах.

Третья проблема, сдерживающая расширение систем связи, – их потенциальное влияние на глобальное потепление.

В 2018 г. объем электроэнергии, необходимой для поддержания инфраструктуры больших данных, составлял примерно 1% от общемирового потребления – это ощутимый расход ресурсов, который влечет за собой экологические последствия. Однако благодаря использованию возобновляемых источников энергии количество выбросов парниковых газов, связанных с обеспечением сетевого взаимодействия, несоразмерно меньше, чем в других секторах. Более того, оно может оказать положительное воздействие на климат, что проявилось, например, в период пандемии COVID-19, когда повсеместно сократилось передвижение людей и выросло количество контактов по видеосвязи.

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ БАЗИС НА ПУТИ КОЛЛЕКТИВНОГО ДОГОВОРА ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДАННЫХ

Гарантировать надежность цифровых операций призваны нормативно-правовые акты, касающиеся в первую очередь информационной безопасности. Для достижения ее надлежащего уровня следует принять законы, обязывающие внедрение систем технической защиты данных, а также обеспечение их правовой охраны, четко разграничив персональную и открытую информацию и заложив в основу управления ею международные нормы в области прав человека. Согласно им сначала необходимо обеспечить защиту интересов субъекта данных и только потом разрешать



какие-либо операции с ними. Для этого, как правило, требуется согласие на обработку персонального контента. Но оно теряет смысл, поскольку в среднем у человека ежегодно уходило бы 76 дней на ознакомление с документами, в которых каждый посещаемый сайт запрашивает его данные. Поэтому необходимы более строгие юридические требования, обязывающие поставщиков услуг передачи цифровой информации действовать в интересах клиентов, чьи данные они используют. На сегодняшний день такой базис создан лишь в незначительном количестве стран с низким и средним уровнем доходов.

Что касается открытых данных, то в большинстве случаев им можно обеспечить надежную защиту через институт охраны прав на объекты интеллектуальной собственности. Однако, согласно выводам настоящего Доклада, в большинстве стран с низким уровнем доходов такой механизм применительно к информации частного назначения отсутствует. Еще больше осложняет ситуацию то, что различия между данными все больше стира-

ются. Это обусловлено повсеместным смешиванием и обработкой различных источников с помощью сложных алгоритмов, которые могут превратить неперсональные данные, например полученные с мобильных телефонов, в сведения, устанавливающие личность, или, как минимум, сделать возможной идентификацию конкретных социальных групп.

Авторы Доклада отмечают, что данные являются ключевым элементом платформенной экономики. Сведения о количестве посещений сайтов, собранные информационно-поисковыми системами, ложатся в основу маркетинговых кампаний, используются для активизации продаж и повышения адресности рекламы. Разработка норм правового регулирования в этой области оказывает реальное воздействие на динамичность цифрового бизнеса и требует соблюдения баланса при проведении экономической политики. Законодательные акты, нормирующие работу с персональными данными, отличаются в разных странах. В одних, прежде всего США, их свободное движение разрешено при ограниченном вмешательстве со стороны госструктур, в других, например в Китае, Нигерии, Российской Федерации и Вьетнаме, применяются более строгие требования, в соответствии с которыми копии определенных персональных данных должны храниться на национальном хостинге, а международный обмен во многих случаях возможен только с разрешения государства. Страны промежуточной группы (включая членов Европейского союза, а также Аргентину и Южную Африку) разрешают трансграничную передачу

частных сведений в том случае, если партнер по обмену данными может обеспечить им необходимый режим защиты. Согласно выводам настоящего Доклада, наиболее благоприятные условия для международной цифровой торговли создают детально проработанные меры защиты персональных данных внутри страны в сочетании с относительной простотой перемещения через границу.

Очевидно, что для управления данными должна быть сформирована институциональная база, включающая определение целей государственной политики, разработку правил, стандартов и мер контроля за соблюдением установленных нормативных требований. Она не может быть универсальной для всех стран, но некоторые ее механизмы могут стать общими для всех. Ее основу должны составлять институты, имеющие официальный статус, достаточные ресурсы и технический потенциал, необходимый для результативного и согласованного исполнения функций.

Необходимо обеспечить функциональную совместимость данных, а также создавать институты и инфраструктуру, позволяющие осуществлять безопасный обмен информацией, что снижает риски нарушения конфиденциальности

К числу главных институциональных игроков, осуществляющих деятельность в этой сфере, относятся органы, ответственные за управление данными, обеспечивающие их защиту и отвечающие за информационную безопасность, а также структуры нового типа, такие, как трасты данных – посреднические организации, дающие гражданам возможность создавать пул своих законных прав на данные и передавать его доверительным управляющим, имеющим четко прописанные фидуциарные обязанности.

В целях получения максимальной поддержки со стороны всех участников экосистемы управление данными должно охватывать все группы населения и восприниматься как легитимное. Степень доверия повышается, если правительство применяет прозрачные процедуры использования данных и системы отчетности. Новые игроки и зарождающиеся на рынке механизмы могут играть в этой инфраструктуре важную роль, помогая наладить эффективную интеграцию данных, чтобы усилить их воздействие на процесс развития. Активное взаимодействие с заинтересованными сторонами в масштабах всей страны и на международном уровне будет способствовать совершенствованию общественного договора об использовании данных. К примеру, в рамках Ассоциации государств Юго-Восточной Азии действуют региональные Рамочные принципы управления цифровыми данными, которые помогают координировать механизмы, принятые в государствах – членах объединения, для обеспечения их функциональной совместимости.

ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Успешное управление данными предполагает согласованную работу цифровой инфраструктуры, экономических и социальных институтов наряду с законодательной поддержкой. Для этого необходимо определить правила безопасного обмена, применения и повторного использования цифрового контента всеми заинтересованными сторонами и соответствующие механизмы, обеспечивающие соблюдение этих правил. В Докладе о мировом развитии 2021 г. «Данные для лучшей жизни» представлена концепция единой национальной информационной системы (ЕНИС), которая может производить высококачественные данные, одновременно и защищенные, и доступные всем игрокам рынка для обмена и повторного использования. В рамках этой концепции ЕНИС работает как единое целое с системой управления данными. Если последнюю можно рассматривать как разработчика «правил дорожного движения» и службу контроля за их соблюдением, то ЕНИС нужно считать «сетью автомобильных дорог», соединяющей всех пользователей и гарантирующей безопасное перемещение информации между пунктами назначения. В основе единой системы лежит целенаправленный подход к управлению данными, предусматривающий их активное вовлечение в процессы планирования и принятия решений различных госу-

дарственных органов и активную интеграцию представителей разных заинтересованных сторон, включая общественность, государственный и частный секторы, в жизненный цикл данных и структуры управления системой. Для успешного функционирования ЕНИС необходимы следующие меры: стимулирование совместной работы с данными, формирование культуры их использования, повышающей спрос на принятие решений на их основе, а также подготовка специалистов, которые производят, обрабатывают высококачественный контент и управляют им, обеспечивают его безопасность и защиту, а также разрабатывают регламенты в этой сфере.

Когда государственным органам, бизнес-структурам и гражданам гарантировано безопасное участие в национальной информационной системе, области применения данных расширяются, как и возможности воздействия на процесс развития. В сущности, чем лучше интегрирована система и чем больше количество ее участников, тем выше потенциальная отдача. ЕНИС должна быть построена таким образом, чтобы данные могли свободно и безопасно перемещаться. Притом, что в большинстве стран такие надежно функционирующие информационные системы пока не созданы, им все же следует определить стратегические направления по реализации такой цели.

В качестве таковых авторы Доклада предлагают предусмотреть разработку законодательных актов, призванных улучшить качество управления данными, укрепить технический потенциал, необхо-



димый для их производства, а также содействовать повышению уровня грамотности работы с ними за счет обучения и профессиональной подготовки кадров. Когда будут заложены эти основы, государство сможет принять меры для формирования и систематизации потоков данных между участниками ЕНИС. Для этого необходимо обеспечить функциональную совместимость данных, а также создавать институты и инфраструктуру, позволяющие осуществлять безопасный обмен информацией, что снижает риски нарушения конфиденциальности. По мере развития системы ее следует оптимизировать за счет совместного управления данными и организации сотрудничества между различными заинтересованными сторонами.

Многие страны предпринимают усилия по формированию единой национальной информационной системы. К примеру, Южноафриканский департамент планирования, мониторинга и оценки разработал платформу, позволяющую гражданам страны следить за выполнением государственных программ. Все участники имеют доступ к системе и возможность получать связанные с ней выгоды. Программа повышения уровня грамотности работы с данными, принятая в Непале в 2019 г.,

предусматривает 100-часовое модульное обучение пользователей, направленное на развитие технических и культурных навыков. В Эстонии создана национальная информационная система для обеспечения безопасного управления персональными данными, предназначенными для использования государственными органами и компаниями. Криптографические протоколы платформы «X-Road» вносят записи в систему и предоставляют гражданам подробную информацию о том, кто и с какой целью делится их данными. Платформа стимулирует сотрудничество между государством и частным сектором, способствует формированию культуры доверия и совместного применения данных.

Безусловно, разработка таких систем остается отдаленной перспективой для многих стран. И все же важно, чтобы они не теряли из виду эту концепцию, имеющую все шансы стать основой для развития национальных информационных систем. Единое понимание нового общественного договора относительно данных, опирающегося на уверенность в том, что они создают справедливо распределяемую ценность, и выбор правильного сценария формирования ЕНИС, раскрывающего потенциал данных в целях повышения качества жизни, – весьма амбициозная цель. Для ее достижения потребуются серьезные изменения в производстве, управлении, защите, обмене и использовании данных, осуществить которые нелегко. Однако если этого не произойдет, платой будет множество упущенных возможностей. ■

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОД
ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ
2021



МИКРОЗЕЛЕНЬ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ XXI ВЕКА



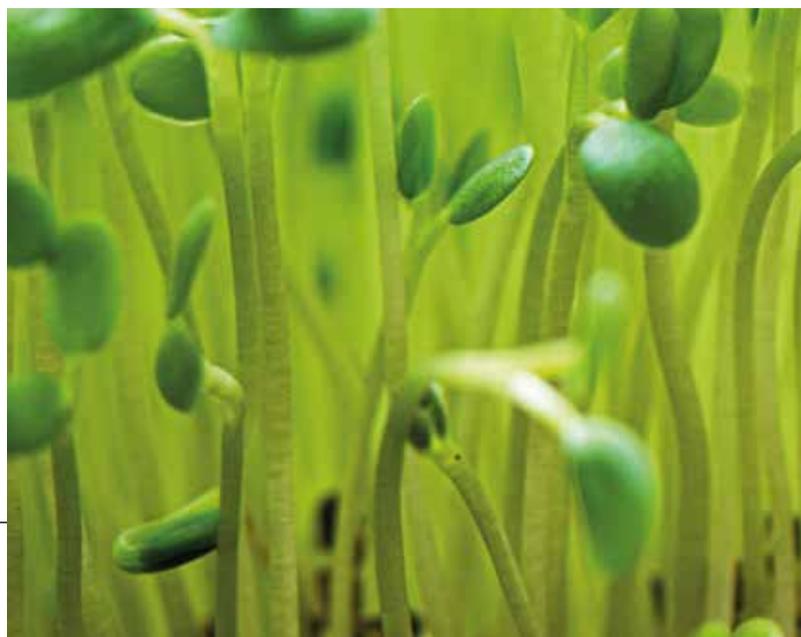
Анна Пашкевич,
завсектором бобовых
овощных культур
Института овощеводства,
аспирант



Андрей Чайковский,
директор Института
овощеводства, кандидат
сельскохозяйственных наук

Рост населения, увеличение частоты экстремальных погодных явлений из-за изменения климата, высокие и неустойчивые цены на продовольствие и продолжающиеся финансовые и экономические кризисы препятствуют достижению целей, сформулированных в Декларации тысячелетия, по сокращению доли людей, страдающих от голода, под которым понимается отсутствие потребления белка и энергии из основных продуктов питания. В дополнение к этому ФАО в 2011 г. было введено понятие скрытого голода, относимое к недостатку фитонутриентов, содержащихся в овощах и фруктах. Минеральные и витаминные дефициты, связан-

часть I



ные с недоеданием и хроническими заболеваниями, лучше всего преодолеваются с помощью различных диет с использованием высокоценной растительной продукции.

Как следствие, за последние двадцать лет спрос на новые функциональные пищевые продукты увеличивается – они нужны потребителям, чтобы поддерживать здоровье и частично заменять лекарственные препараты, обеспечивая долгожительство [1].

Минеральное недоедание считается одной из важнейших глобальных проблем для человечества, которую можно предотвратить [2]. По данным ученых, более 60% из 7 млрд человек в мире Fe-дефинитивны, более 30% – Zn-, а 15% – Se-дефинитивны. Кроме того, недостаток Ca, Mg и Cu в пище также распространен в развитых и развивающихся странах [3]. Исследования показывают, что потребление овощей связано с сокращением хронических заболеваний, таких как рак, сердечно-сосудистые и др. FAO и ВОЗ подчеркнули необходимость увеличения их в рационе, поскольку они являются важными компонентами здорового питания [4]. По этой причине на 74-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 2021 г. был объявлен Международным годом овощей и фруктов (МГОФ). Генеральный директор FAO подчеркнул, что пандемия COVID-19 заставила человечество искать новые пути в борьбе с голодом и неполноценным питанием, и МГОФ продемонстрирует новые возможности [5].

Овощи могут быть источником нитрата (NO_3^-) из-за использования сельскохозяйственных удобрений. Сам по себе он нетоксичен, но около 5% потребляемого нитрат-иона распадается в желудочно-кишечном тракте до более токсичных аниона нитрита (NO_2^-), оксида азота NO и N-нитрозосоединений, которые могут приводить к различным расстройствам, например метагемоглобинемии, осо-

бенно у детей [6]. В связи с этим последние мировые тенденции направлены на изучение вопросов выращивания овощей со сниженным содержанием нитратов и повышенным – минеральных компонентов.

Наряду со все более часто встречаемым минеральным дефицитом и проявлением некоторых заболеваний, связанных с недобросовестным использованием нитратных удобрений, встают вопросы обеспечения достаточным количеством пищи и воды населения Земли и сохранения биоразнообразия нашей планеты. Сельское хозяйство сталкивается с последствиями изменения климата, усилением конкуренции за воду и продуктивные земли, продолжением миграции из сельских районов в городские, растущим социальным беспокойством по поводу качества пищевых продуктов. Одним из подходов к решению этих проблем является увеличение сельскохозяйственного производства на единицу площади, но этого, вероятно, не будет достаточно. Уже сегодня ставится вопрос не о расширении площадей пахотных земель и дальнейшем сокращении природных территорий, а о культивировании растений без почвы, например выращивании овощей в городских районах на протяжении всего года без применения удобрений и средств защиты, что экономически выгодно [7].

В мире существуют многочисленные инициативы по изменению существующих моделей производства и потребления пищевых продуктов, например «Дорожная карта к ресурсоэффективной Европе к 2050 г.», движение «Slow Food», проект «Тысяча садов в Африке» и др. [1]. Объединяющие как производителей, так и потребителей, они приводят к поиску новых форм выращивания высокоценных в белковом, минеральном и витаминном отношении растительных продуктов, к которым относится и микрозелень.



ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

В начале 1980-х гг. в Сан-Франциско (США) в меню ресторанов начал появляться новый органический растительный продукт – микрозелень. Повара использовали его в качестве акцента для закусок, бутербродов, салатов, основных блюд и даже десертов, чтобы подчеркнуть их красоту, вкус и свежесть [8]. Последние два десятилетия он активно применяется и в других странах, особенно азиатских [9].

Микрозелень (*microgreens*), также известная как «овощные конфетти», или микропряноотравье (*microherbs*), в случае ароматических трав, – новый класс съедобных специализированных растений, определяемых как нежная незрелая зелень, выращенная из семян овощей, пряно-ароматических трав или зерновых культур, включая дикие виды [3].

В зависимости от вида и условий культивирования ее обычно собирают на уровне почвы, то есть у основания гипокотилей, после появления первой пары настоящих листьев, когда семядоли полностью расширены, в течение 7–20 дней после прорастания семян в зависимости от вида [10]. Растения срезают при достижении высоты от 3 до 9 см, без корешков. Съедобные части – стебель, листья и семядольные листочки с первым настоящим листом. Несмотря на свои небольшие размеры, этот продукт способен обеспечить целый спектр интенсивных вкусов (сладкий, нейтральный, кислый, пряный) и ароматов, ярких цветов (зеленый, желтый, красный, фиолетовый) и различных текстур (мягкая, хрустящая, сочная) [8].

Наиболее часто используемые виды для производства микрозелени принадлежат семействам *Brassicaceae* (капуста цветная, пекинская, листовая, савойская, японская, красно- и белокочанная, кольраби, брокколи, кресс-салат, редис, индау посевной, двурядник тонколистный, горчица сарептская), *Asteraceae* (салат-латук, цикорий, эскариол, эндивий, цикорный салат), *Ariaceae* (укроп, морковь, сельдерей, кориандр, петрушка, фенхель, кервель, тмин), *Alliaceae* (чеснок, лук репчатый, шнитт, батун, лук-порей), *Amarantaceae* (амарант, лебеда, мангольд, свекла столовая, шпинат), *Cucurbitaceae* (дыня, огурец, тыква) [8]. Особую популярность приобрело семейство *Fabaceae*, в частности такие виды, как горох посевной, соя культурная, чечевица пищевая, реже – бобы мунг или маш, бобы овощные, турецкий горох или нут бараний, которые содержат генотипы, удовлетворяющие высоким вкусовым требованиям и полезности для здоровья чело-

века [11]. Также используются зерновые (овес, пшеница, кукуруза, ячмень, рис), масличные культуры (подсолнечник), различные виды ароматических растений (базилик, чабер, фенхель, иссоп, котовник, душица, тимьян, майоран) [8].

Различают сочные виды (солерос, фенхель, мангольд, подсолнечник), хрустящие (сельдерей) и нормальной консистенции. Вкус может быть нейтральным (шпинат), слегка кисловатым (свекла и солерос), пряным (кресс-салат, редис, двурядник, горчица, индау), горьким (часто у тыквенных). Запах – как интенсивным (у ароматических трав), так и тонким, едва уловимым (характерно для многих видов овощей). Цвет – зеленым (брокколи, редис, двурядник, сельдерей, шпинат), желтым (этиолированный горох, этиолированная кукуруза), красным (лебеда, амарант, марь), малиновым (капуста краснокочанная, редис, перилла, базилик фиолетовый) или пестрым (свекла, щавель, горчица) [8].

Обычно микрозелень потребляется в сыром виде: благодаря сохранению всех полезных свойств она относится к категории функциональных продуктов, способствующих укреплению здоровья [3]. Зарубежные исследователи выявили, что она содержит большее количество фитонутриентов (аскорбиновая кислота, β-каротин, α-токоферол и филлохинон), минералов (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se и Mo) и меньше нитратов по сравнению с аналогами из зрелых листьев, плодов и семян [11].

Спрос на этот продукт зависит от новых гастрономических тенденций и уровня осведомленности потребителей [12]. Компании, которые занимаются его производством на коммерческой основе, обычно кратко описывают вкус каждого вида и предлагают варианты использования в блюдах. При этом линии для выращивания зачастую являются коммерческой тайной и запатентованы. Многие из них были получены в Азии и, скорее всего, не подверглись и не подвергаются крупному распространению, чтобы гарантировать первоначальное богатство вкусов и ароматов микрозелени, особенно полученной из диких и полудиких видов [1].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА

Выращивание «овощного конфетти» еще находится в стадии интенсивного изучения, с ограниченными доступными научными данными, однако в мире исследования расширяются, давая тем самым представления об огромном потенциале этого суперпродукта.

ПОДГОТОВКА СЕМЯН

При производстве микрозелени семена требуются в большом количестве и представляют собой значительную статью затрат [13]. В отличие от проростков, вспышки пищевых отравлений микробного происхождения, связанные с их выращиванием в темных, насыщенных влажностью условиях, способствующих распространению микробов, до сих пор не были связаны с микрозеленью [3]; однако существует системный риск из-за загрязненных семян, что повышает требования к их микробиологическому качеству [14]. Необходимы профилактические санитарные процедуры для устранения патогенных бактерий, грибов и вирусов. Семена можно продезинфицировать в растворах гипохлорита натрия или кальция, спирта, яблочной или молочной кислоты при различных концентрациях, а также использовать физические методы (тепло, высокое давление и облучение) или комбинированную физическую и химическую предпосевную обработку.

Выбор способа зависит от биологических особенностей овощной культуры и связан с сохранением жизнеспособности семян, энергии их прорастания и дальнейшего роста, а окончательное решение принимается после изучения на конкретных культурах [14].

При обработке низкими положительными температурами (5–10 °С) семена раскладывают на влажную подложку, чтобы они могли поглощать воду и кислород. При этом происходит увеличение скорости роста и равномерности всходов, даже в условиях стресса. Продолжительность воздействия зависит от температуры и вида овощной культуры. На семенах салата-латука, которые хранились в условиях выше 20 °С (термопокой), такой прием эффективен при использовании в период не более 48 ч.

Для подавления вирусной инфекции семена тыквенных культур прогревают в термостате в течение 2–3 ч при 60 °С. Во избежание их запаривания температуру необходимо повышать постепенно и осуществлять периодическое помешивание. По окончании процедуры их следует вывести из теплового шока, поместив на несколько минут в холодильник. Такая термотерапия также способствует уничтожению возбудителей бактериальных болезней и более дружному прорастанию [8].

Для барботирования можно воспользоваться аквариумным компрессором, обрабатывая замоченные в воде семена пузырьками кислорода или воздуха в течение 12–20 ч, что практически полностью освобождает их от поверхностной вредной микрофлоры.

Семена моркови, шпината и некоторых других культур являются трудновсхожими. В зависимости от причины этого подбирают соответствующий способ под-

готовки к посеву. Так, для моркови, петрушки, сельдерея, укропа и кориандра целесообразно проводить 4–6-кратное замачивание в воде в сочетании с высушиванием в течение 2 суток. Такая обработка позволяет освободить семена от эфирных масел, являющихся естественными ингибиторами прорастания. Эффективно и барботирование в течение 18–24 ч. Этот прием также подходит для семян свеклы, шпината, щавеля и лука-чернушки, трудновсхожесть которых обусловлена твердостью или большой толщиной оболочки.

Прорастание можно ускорить и путем прогревания в горячей воде. Семена лука-чернушки необходимо выдерживать в ней в течение 8 ч при 40 °С (по окончании их нужно обязательно поместить в холодную воду). Семена укропа, моркови, сельдерея и свеклы – 20–30 мин. при температуре 50–52 °С), а затем их замачивают при комнатной температуре в течение 2–3 суток (со сменой воды 3–4 раза в сутки). Помимо стимулирующего воздействия это способствует их оздоровлению от возбудителей многих болезней.

Семенной материал капусты, редиса, репы, редьки и брюквы замачивают на 10–12 ч в воде или растворе макро- и микроэлементов (в 10 л воды растворяют: 5 г борной кислоты, 0,5 г медного купороса, 5 г сульфата магния, 0,5 г молибденово-кислого аммония и 0,2% вытяжки суперфосфата) приблизительно в равном по объему с семенами количестве жидкости. Излишек воды в данном случае может приводить к вымыванию из них питательных веществ и снижению всхожести. Тем не менее материал, намоченный в растворе удобрений, после этой процедуры должен быть промыт водой. Целесообразно проводить его термотерапию, прогревая в течение 20–30 мин. при 50–52 °С. После этой инкубации семена опускают на 1 мин. в холодную воду.

Для выращивания микрозелени необходимо иметь качественные семена, характеризующиеся высокой и равномерной всхожестью, без химической обработки, генетически безопасные, но в то же время доступные в ценовом диапазоне. Они должны быть откалиброваны, не протравлены, без вредителей и болезней, с энергией прорастания более чем 95% и всхожестью не менее 99% [8].

Важным аспектом является подбор соответствующих высокопродуктивных сортов овощных и пряноароматических видов растений, которые формируют значительную часть стоимости для производства качественной продукции [13]. Корейскими учеными установлено, что некоторые виды овощных культур одного семейства, также как и сорта, быстро прорастают и растут, в то время как другие – медленно, и могут требовать предварительных

посевов для улучшения, стандартизации и сокращения производственного цикла [15]. Признаки, представляющие интерес для перспективных генотипов, такие как внешний вид, текстура, вкус, фитохимический состав и питательная ценность, а также генетическая изменчивость между сортами и видами, на микрозелени малоизучена [11]. Так, китайские ученые при исследовании 25 сортов в 6 видах семейства Капустные выявили внутривидовую и внутрисортную изменчивость по содержанию витаминов и каротиноидов в микрозелени и указали на необходимость дальнейшего изучения степени генетической изменчивости между и внутри таксонов [16].

Другой фундаментальный аспект процесса производства этого нового продукта связан с плотностью посева. Ориентировочно она может варьироваться от 1 семени/см² (для более крупных экземпляров, таких как нут, горох, кукуруза и т.д.) до 4 семян/см² (для более мелких – репа, брокколи, цветная капуста, цикорий и т.д.). Посев осуществляется вручную на поверхность подложки, неглубоко, чтобы затем росток не запачкался субстратом. Семена прорастают при отсутствии света, при оптимальных температурах 15–25 °С и высокой относительной влажности 80–90%. Посевы необходимо укрывать на 2–36 дней черной полиэтиленовой пленкой для повышения температуры, сохранения влажности и увеличения скорости прорастания. Проводить процесс желательно в камерах для проращивания.

Во время фазы прорастания, как правило, используют распылители сверху в ирригационных системах. После массовых всходов полив должен быть на дне, избегая излишней влаги и возникновения фитосанитарных проблем [8].

ВЫБОР СУБСТРАТА

Это один из наиболее важных вопросов, имеющих большое значение для качества микрозелени, эффективности и устойчивости производственного процесса. Наиболее широко применяют торф [8] перлит и вермикулит или их смеси. Однако постепенно в практику входят и другие малоизученные волокнистые и пористые материалы, обеспечивающие более высокую катионообменную способность, аэрацию и влагоудержание [17]. Их необходимо подбирать для каждого вида овощной и пряноароматической культуры индивидуально [16].

Для того чтобы обеспечить хорошую всхожесть и оптимальный рост микрозелени, субстрат должен обладать пористостью 85% от общего объема,

оптимальным соотношением макро- и микроэлементов, хорошей влагоудерживающей способностью (55–70% от общего объема) и уровнем аэрации корня (20–30% от общего объема). Он должен быть свободным от тяжелых металлов и загрязняющих веществ, патогенных микроорганизмов, рН от 5,5 до 6,5, электропроводностью менее 500 мСм/см.

Среди подложек, специально разработанных для производства микрозелени, следует отметить маты из естественных волокнистых материалов (кокосовое, джутовое, хлопковое волокно и изготовленное из морских водорослей, измельченная целлюлоза) или синтетических (из полиэтилентерефталата ПЭТ – полиэтилен).

Для коммерческих целей, как правило, выращивание идет в системах без почвы, в жидкой среде с питательным раствором, содержащим все элементы, необходимые для роста и развития растения, в контейнерах или лотках высотой 3–5 см. Нижняя часть лотка может быть с отверстиями или перфорированная для оттока лишней влаги, снабжена системой притока и оттока раствора. Допустима полная автоматизация дождевания сверху. Пластиковые лотки можно заменить биоразлагаемыми материалами (из полимолочной кислоты, производные крахмала).

Также возможно выращивание непосредственно «в канале» или на поддонах (пластик, алюминий, оцинкованное железо, дерево), в паллетах. Водоотводная система и поддоны могут быть стационарными или мобильными, они должны быть идеально выровнены, создавая небольшой наклон для облегчения потока воды или питательного раствора от одного конца канала или поддона и восстановления повторного использования этого раствора или избытка воды. Вариантом может стать опрыскивание сверху или снизу (субирригация). При этих способах культивирования растения срезают по достижении оптимальной стадии роста для каждого вида. После продукт обычно подвергают промывке и просушке, затем упаковывают и отправляют на продажу.

При применении блистерных контейнеров из полистирола различных размеров, которые плавают непосредственно на питательном растворе, смачивание происходит снизу. Так как это статическая система, в которой нет рециркуляции раствора, для поддержания хорошего уровня оксигенации необходимо обогащать его воздухом. Отрицательной стороной данной системы является сложность получения микрозелени с оптимальным содержанием сухого вещества, и, следовательно, с хорошим сроком годности [8].

УСЛОВИЯ ОСВЕЩЕНИЯ

Использование источников света с определенной длиной волны дает возможность влияния на скорость роста, морфологию, вкусовые качества, пигментацию, накопление биоактивных соединений. Это может стать легко варьируемым фактором для получения растительного материала с индивидуальным составом для конкретного потребителя. Поскольку хлорофилловые пигменты поглощают главным образом красные (663 нм и 642 нм) и синие (430 нм и 453 нм) области света, эти длины волн являются основными, которые сказываются на росте растений [18]. Красный свет ощущается в растениях фитохромными рецепторами (PhyA, PhyB и т.д.), представляя две взаимопереходные формы Pr и Pfr, он генерирует ответы, связанные с прорастанием, удлинением стебля, расширением листьев, индукцией цветения и т.д. Голубой свет воспринимается криптохромами и фототропинами и регулирует такие процессы, как деэтилирование, фототропизм, движение хлоропластов, эндогенные ритмы, рост корней, открытие световых устьиц, окислительно-восстановительный баланс, уровень циклических нуклеотидов и т.д. [19]. С биотехнологической точки зрения выращивание растений при добавлении красного света может привести к увеличению биомассы, повышенному содержанию фенолов, активации антиоксидантной системы, увеличению концентраций лютеолина и силигрина. В то же время синий свет способствует усилению синтеза хлорофилла, повышенному содержанию фенолов и витамина С в различных видах [20]. Однако лучшие результаты получаются при сочетании красного и синего по сравнению с монохроматическим освещением, что может обеспечить значительный урожай растений. Красный свет соответствует максимумам поглощения хлорофиллов, а синий вызывает открытие устьиц и таким образом позволяет лучше фиксировать CO₂.

В последние годы стали использовать энергоэффективные лампы со спектром излучения для фотосинтеза, представленным этими двумя цветами. В связи с чем поддоны, лотки, контейнеры можно располагать на разных уровнях, один над другим, формируя систему многослойного выращивания. Важно подчеркнуть, что даже для получения микрозелени необходимо наличие адекватного уровня светового излучения (при плотности потока фотонов ФАР не менее 100 мкмоль/м²с) [21].

ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА

Большинство видов микрозелени растут при температуре от 10 до 29 °С, и лучше всего – в теплом помещении с влажностью не менее 50% и хорошим потоком воздуха. Экземпляры, выращенные в условиях приемлемой влажности, более хрустящие, чем те, которые культивируются на сухом воздухе. При использовании лотков с дренажными отверстиями и подносов большего размера, заполненных водой, происходит полив снизу вверх. По мере испарения эта технология также добавляет влажность в окружающий воздух. Также эффект дает ежедневное затопление водой (технология «прилив-отлив»).

Побочным эффектом выращивания большого количества растений в закрытых условиях является создание идеальной среды для развития бактерий и грибов, пагубно влияющих на будущий урожай. Микрозелень требует хорошей вентиляции для роста и развития: поскольку растения растут плотно друг к другу, объем пространства вокруг каждого минимален. Также они поглощают углекислый газ, выделяя кислород, в результате чего вокруг посевов образуются кислородные карманы, создающие неблагоприятные условия для выращивания. Перемещение потока воздуха важно для ограничения влажности и тепла, снижения риска роста грибов и патогенов. Применение моторизованного или вытяжного вентилятора, кондиционера помогает удалять влагу и создавать необходимый воздушный поток [22].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ebert A.W. et al. Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia / A.W. Ebert [et al.] // Proceeding SEAVEG 2012, Chiang Mai, Thailand. 2012. 24–26 January (Conference paper). P. 216–227.
2. Miller D.D. et al. Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition / D.D. Miller [et al.] // Food Policy. 2013. Vol. 42. P. 115–128.
3. Пашкевич А.М. Микрозелень – новая категория органической овощной продукции / А.М. Пашкевич [и др.] // Научно-инновационные основы развития отрасли овощеводства: тезисы докладов Международной научно-практической конференции, г. Самохваловичи, Минский район, 14–16 августа, 2018 г. С. 25–28.
4. Pinto. E. et al. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces / E. Pinto [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2015. Vol. 37. P. 38–43.
5. ФАО объявляет о начале провозглашенного ООН Международного года овощей и фруктов // <http://www.fao.org/news/story/ru/item/1365067/>.
6. Пашкевич А.М. Определение содержания нитратов в семенах, проростках, микрозелени и продукции бобовых овощных культур / А.М. Пашкевич [и др.] // Овощеводство: сб. науч. трудов. – Самохваловичи, 2020. Т. 28. С. 89–96.

Полный список использованных источников размещен

 <http://innosfera.by/2021/11/microgreens>

Продолжение в следующем номере

Наталья Адамцевич,
аспирант кафедры биотехнологии
Белорусского государственного технологического университета;
natallia.adamtsevich@mail.ru

Валерий Болтовский,
профессор кафедры
химической переработки древесины и кафедры биотехнологии
Белорусского государственного технологического университета,
доктор технических наук, доцент;
v-boltovsky@mail.ru

Виктор Леонтьев,
завкафедрой биотехнологии Белорусского государственного
технологического университета,
кандидат химических наук, доцент;
leontiev@belstu.by

Владимир Титок,
директор Центрального ботанического сада НАН Беларуси,
член-корреспондент;
V.Titok@cbg.org.by



ОЦЕНКА АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТКОВ БЕССМЕРТНИКА И ЛИСТЬЕВ ВОРОБЕЙНИКА

Аннотация. Приведена оценка антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного по отношению к грамположительным (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*), грамотрицательным (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) патогенным бактериям и дрожжеподобным грибам (*Candida albicans*). Установлено, что первый обладает антимикробным действием только по отношению к грамположительным бактериям, а ко второму все виды исследуемых микроорганизмов не чувствительны.

Ключевые слова: бессмертник песчаный, воробейник лекарственный, экстракт, флавоноиды, антимикробная активность.

Для цитирования: Адамцевич Н., Болтовский В., Леонтьев В., Титок В. Оценка антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника и листьев воробейника // Наука и инновации. 2021. №11. С. 64–68. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-64-68>

Растения – важнейший источник биологически активных веществ (БАВ), находящихся широкое применение в медицине и обладающих разнообразной фармакологической активностью [1–3]. Сегодня все более значимым становится поиск новых безопасных антимикробных средств ввиду трудностей в лечении инфекционных заболева-



ний, вызванных резистентными к антибиотикам штаммами микроорганизмов [4, 5]. По мнению Всемирной организации здравоохранения, одними из наиболее опасных бактерий такого рода являются синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*) и золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*), которые постоянно мутируют и приспосабливаются к антибиотикам [6].

Среди БАВ растительного происхождения широким спектром фармакологических свойств обладают флавоноиды. На их основе разработаны различные лекарственные препараты: противовоспалительные, гепатопротекторные, желчегонные, иммуномодулирующие и другие, а также медикаменты с антимикробным действием [1, 7–10].

Лекарственное растительное сырье, богатое флавоноидами, представляют собой цветки бессмертника песчаного (*Helichrysi arenari flores*). Качество препаратов на его основе регламентируют фармакопеи Республики Беларусь (ГФ Беларуси), Российской Федерации, Украины, Республики Казахстан, Польши и других стран [11–13]. Вытяжка из цветков данного растения обладает антиоксидантными [14, 15], антибактериальными [14, 16], цитотоксическими [17], противотуберкулезными [18] свойствами, которые исследователи связывают с наличием флавоноидов [19–21]. Так, при изучении химического состава некоторых видов лекарственных растений из коллекции Центрального ботанического

сада Национальной академии наук Беларуси в экстракте цветков бессмертника песчаного обнаружен кемпферол-3- β -D-глюкопиранозид [22] – флавоноид, обладающий ранозаживляющим [23] и антимикробным [24] действием.

В качестве бактерицидного и ранозаживляющего средства известен воробейник лекарственный (*Lithospermum officinale L.*), который не является фармакопейным растением, однако с давних времен используется в народной медицине [25]. В экстракте его листьев обнаружен изокверцитрин (гликозид кверцетина) [22] – один из ключевых флавоноидов, способствующих регенерации тканей [26, 27]. Таким образом, воробейник лекарственный также представляет интерес для медицинской практики.

Цель данной работы – сравнительная оценка антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium L.*) и листьев воробейника лекарственного (*Lithospermum officinale L.*).

Для их получения воздушно-сухие цветки бессмертника песчаного (влажность 9,19%) измельчали до фракции 1–2 мм, листья воробейника лекарственного (влажность 9,95%) – до фракции 2–3 мм и экстрагировали 50%-ным этиловым спиртом в течение 40 мин. при температуре 65–70 °С. Соотношение массы сырья к объему экстрагента для цветков бессмертника песчаного составляло 1:50, для листьев воробейника лекарственного – 1:20. Полученные водно-спиртовые

экстракты упаривали на роторном испарителе при пониженном давлении и температуре 40 °С.

Очистку экстрактов от балластных веществ выполняли методом жидкость-жидкостной экстракции. Сухой экстракт растворяли в теплой (60 °С) дистиллированной воде, добавляли хлороформ в объемном соотношении к воде 1:5 и хорошо встряхивали. С помощью делительной воронки отделяли органическую фазу от водной. Процедуру повторяли еще дважды. Далее водную часть упаривали досуха на роторном испарителе при пониженном давлении и температуре 50–55 °С.

Навески сухих экстрактов растворяли в 50%-ном этиловом спирте и готовили растворы с концентрациями 5, 10, 25 и 50 мг/мл.

Регистрировали электронные спектры растворов экстрактов с концентрацией 5 мг/мл в диапазоне длин волн 200–900 нм на спектрофотометре SPECORD200 (Analytik Jena, Германия).

Тонкослойную хроматографию (ТСХ) экстрактов проводили на пластинах TLC Silica gel 60 (MERCCK, Германия). В качестве подвижной фазы для установления качественного состава использовали систему растворителей «этилацетат – муравьиная кислота – вода» (70:10:20). Растворы экстрактов с концентрацией 5 мг/мл наносили на пластинки в виде пятен диаметром 3–4 мм, которые проявляли в УФ-камере (Spectroline Model CM-10, США) при длинах волн 365 и 254 нм. Для качественного определения флавоноидов в экстрактах лекарственных растений применяли стандартные растворы коммерческих препаратов изокверцитрина (Sigma, Германия)

и кемферол-3-β-D-глюкопиранозида (Sigma, Франция). Идентификацию веществ на хроматограммах осуществляли по характерному цвету зон и величинам коэффициента подвижности (Rf).

Антимикробную активность экстрактов изучали методом диффузии в агар. В качестве тест-микроорганизмов использовали *Bacillus subtilis* 168, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Pseudomonas aeruginosa* и дрожжеподобные грибы – *Candida albicans* ATCC 10231 из музея микроорганизмов кафедры биотехнологии Белорусского государственного технологического университета. Подготовку питательных сред и получение суточных культур микроорганизмов выполняли согласно методике, приведенной в ОФС 2.6.1 «Стерильность» (ГФ Беларуси). На засеянных суточными культурами микроорганизмов (метод поверхностного посева) питательных средах стерильно делали лунки диаметром 8 мм, в которые вносили 50 мкл раствора экстракта соответствующей концентрации. В качестве контрольного образца использовали 50%-ный этиловый спирт. Оценку антимикробных свойств осуществляли по диаметру зоны ингибирования роста микроорганизмов. Эксперимент выполняли в трехкратной повторности. Для статистической обработки полученных результатов использовали программу Microsoft Office Excel 2007.

Диаметр зоны менее 10 мм указывал на то, что микроорганизмы не чувствительны к исследуемому образцу; 10–15 мм – на низкую антимикробную активность; 15–25 мм – на среднюю антимикробную активность; более 25 мм – на высокую чувствительность.

Тест-штамм	Концентрация экстракта, мг/мл							
	Экстракт цветков бессмертника песчаного				Экстракт листьев воробейника лекарственного			
	5	10	25	50	5	10	25	50
<i>S. aureus</i>	++	++	+++	+++	–	–	–	+
<i>B. subtilis</i>	++	++	+++	+++	–	–	–	+
<i>E. coli</i>	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>P. aeruginosa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>C. albicans</i>	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица. Оценка антимикробной активности экстрактов соцветий бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного

Примечание: «–» – антимикробная активность не выявлена; «+» – низкая антимикробная активность; «++» – средняя антимикробная активность; «+++» – высокая антимикробная активность.

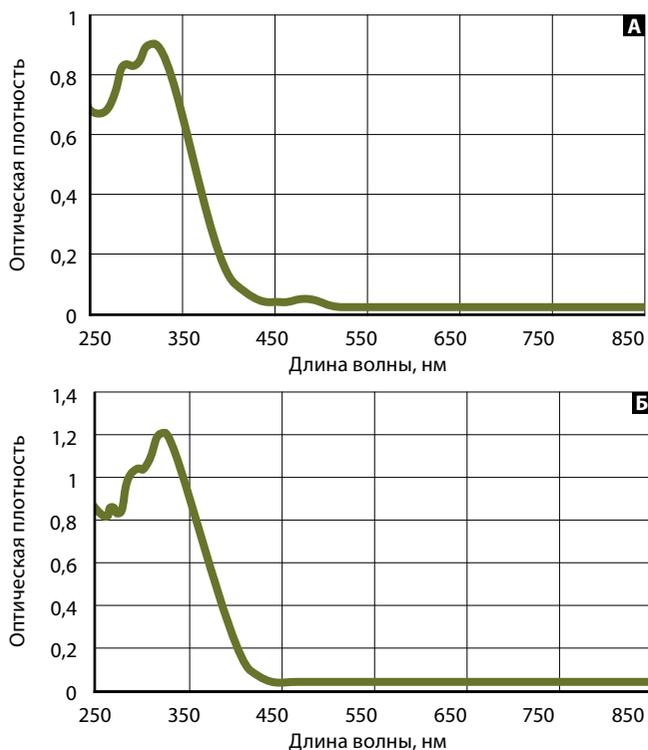


Рис. 1. Электронные спектры экстрактов цветков бессмертника песчаного: А – до очистки; Б – после очистки

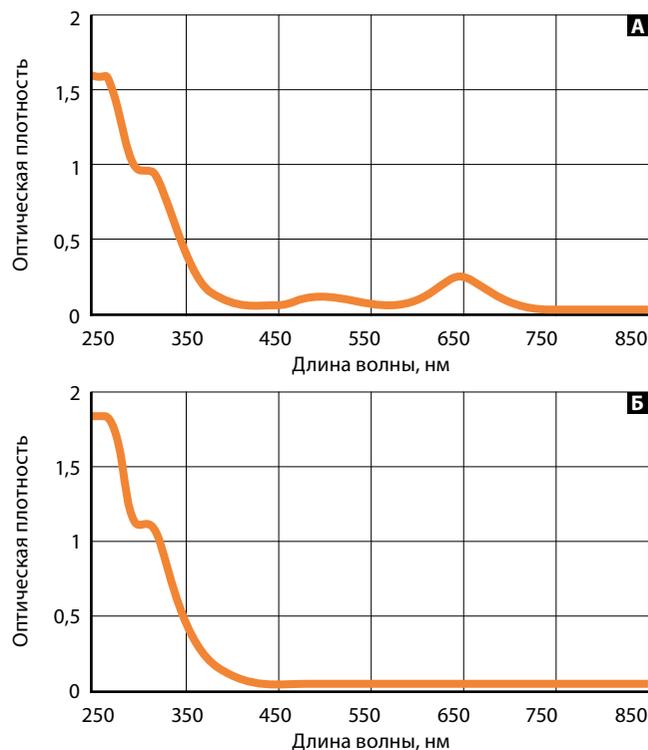


Рис. 2. Электронные спектры экстрактов листьев воробейника лекарственного: А – до очистки; Б – после очистки

Результаты исследования, приведенные в таблице, показали, что экстракт цветков бессмертника песчаного при концентрации выше 25 мг/мл обладает высокой антимикробной активностью только по отношению к грамположительным бактериям (*S. aureus* и *B. subtilis*). Вокруг лунок с экстрактом листьев воробейника при концентрациях ниже 50 мг/мл зона отсутствия роста бактерий составляла менее 10 мм, следовательно, *S. aureus* и *B. subtilis* слабо чувствительны к данному экстракту.

По отношению к грамотрицательным бактериям (*E. coli*, *P. aeruginosa*) и дрожжеподобным грибам (*C. albicans*) экстракты цветков бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного не проявляли антимикробного действия.

Таким образом, антимикробной активностью обладает только экстракт цветков бессмертника песчаного по отношению к грамположительным бактериям. Водно-спиртовые экстракты из растительного сырья, как правило, совместно с действующими соединениями содержат разнообразные по структуре и свойствам сопутствующие и балластные компоненты (смолистые веще-

ства, пигменты слизи (антоцианы, каротины, хлорофиллы), стерины и др.), которые разлагаются, придавая экстрактам нехарактерный запах и внешний вид, и могут оказывать неблагоприятное воздействие на свойства активных веществ.

С целью получения препаратов с более высоким содержанием флавоноидов и исключения отрицательного влияния сопутствующих соединений проведена очистка экстрактов от балластных веществ, в том числе хлорофиллов, методом жидкость-жидкостной экстракции.

Качественный анализ экстрактов проводили методом ТСХ, в результате которого при проявлении хроматограмм в УФ-свете в образцах цветков бессмертника песчаного наблюдались зоны с желтой и желто-зеленой окраской, характерной для флавонолов; желто-коричневой, свойственной для флавонов, флаванол-3-гликозидов, флаванонов и халконов; голубой и фиолетовой – для фенольных кислот. По совпадению окраски и величины $R_f=0,48$ со стандартным образцом в экстрактах цветков бессмертника песчаного до и после очистки идентифицирован кемпферол-3- β -D-глюкопиранозид.

В образцах листьев воробейника лекарственного наблюдались зоны с голубой, синей, фиолетовой и желтой окраской. По величине $R_f=0,43$ и коричневой окраске в экстрактах данного растительного сырья идентифицирован изокверцитрин. Следует отметить, что на хроматограмме экстракта до очистки при проявлении в УФ-свете наблюдалась зона с красной флуоресценцией, характерной для хлорофилла, которая отсутствовала на хроматограмме экстракта после обработки хлороформом.

Эффективность удаления хлорофиллов и других сопутствующих соединений подтверждается изменениями спектров поглощения растворов экстрактов до и после обработки хлороформом.

На рис. 1 и 2 приведено изображение электронных спектров экстрактов цветков бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного до и после освобождения от балластных веществ.

На электронном спектре экстракта цветков бессмертника песчаного до очистки (рис. 1А) наблюдается максимум поглощения при длине волны ≈ 480 нм, который, предположительно, соответствует каротиноидам. После обработки экстракта хлороформом на электронном спектре (рис. 1Б) данный максимум отсутствует, что указывает на удаление каротиноидов из экстракта.

Сопоставление электронных спектров экстрактов листьев воробейника лекарственного до и после очистки (рис. 2) свидетельствует об удалении хлорофилла и его производных, для которых характерен максимум поглощения в диапазоне длин волн 660–680 нм.

Оценка антимикробной активности экстрактов после очистки показала, что экстракт цветков бессмертника песчаного по-прежнему обладал антимикробным действием только по отношению к грамположительным бактериям, однако при более низких концентрациях (от 10 мг/мл). По отношению к грамотрицательным бактериям и дрожжеподобным грибам экстракты после очистки не проявляли антимикробной активности.

К экстракту листьев воробейника лекарственного все виды исследуемых микроорганизмов не чувствительны. Можно предположить, что флавоноиды и другие фенольные соединения, содержащиеся в листьях этого растения, в том числе изокверцитрин, не обладают антимикробными свойствами.

В результате сравнительной оценки антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника песчаного и листьев воро-

бейника лекарственного до и после очистки от балластных веществ установлено, что первый из них (экстракт из бессмертника) обладает высокой антимикробной активностью только по отношению к грамположительным бактериям (*S. aureus* и *B. Subtilis*) при концентрации выше 25 мг/мл. После очистки экстракта высокая антимикробная активность по отношению к указанным микроорганизмам наблюдалась при концентрации выше 10 мг/мл. По отношению к грамотрицательным бактериям (*E. coli*, *P. aeruginosa*) и дрожжеподобным грибам (*C. albicans*) экстракты цветков бессмертника песчаного до и после очистки от балластных веществ не проявляли антимикробного действия.

К экстракту листьев воробейника лекарственного все виды исследуемых микроорганизмов не чувствительны.

Таким образом, в качестве средства с антимикробным действием по отношению к *S. aureus* и *B. Subtilis* можно применять экстракты цветков бессмертника песчаного. ■

■ **Summary.** Evaluation of the antimicrobial activity of extracts of flowers of Helichrysum and Sparrow leaves Natalya Adamtseva, Postgraduate Student, Department of Biotechnology, Belarusian State Technological University Valery Baltousky, Professor of the Department of Chemical Processing of Wood and the Department of Biotechnology of the Belarusian State Technological University, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Viktor Lyavontsyev, Head of the Department of Biotechnology, Belarusian State Technological University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor Uladimir Tsitok, Director of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Corresponding Member Summary. The article provides an assessment of the antimicrobial activity of the extracts of the everlasting flowers and the leaves of the littlewale against gram-positive (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*), gram-negative (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) pathogenic bacteria and yeast-like fungi (*Candida albicans*). It has been established that the extract of the flowers of the everlasting has an antimicrobial action only against gram-positive bacteria. All types of the studied microorganisms are not sensitive to the extract of the leaves of the littlewale.

■ **Keywords:** everlasting, littlewale, extract, flavonoids, antimicrobial activity.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-64-68>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С., Музафаров Е. Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. – Пуцшино, 2013.
2. Brown J.E., Andersen M., Markham K.R. Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications. – Boca Raton, 2006.
3. Куркина А.В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография. – Самара, 2012.

Полный список использованных источников размещен

SEE <http://innosfera.by/2021/11/everlasting>

Статья поступила в редакцию 05.05.2021

НОВЫЕ ВИДЫ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ БЕРЕМЕННЫХ И КОРМЯЩИХ

Наталья Лапенок,
директор ГП «Белтехнохлеб»,
кандидат технических наук;
laptenokn@mail.ru

Светлана Пашук,
ведущий инженер-технолог
отдела технологий
и стандартизации
ГП «Белтехнохлеб»;
technolog77@mail.ru

Елена Тумар,
старший научный сотрудник
лаборатории фармакологических
исследований Института
биоорганической химии
НАН Беларуси;
helentumar@gmail.com

Елена Шафрановская,
ведущий научный сотрудник
лаборатории фармакологических
исследований Института
биоорганической химии
НАН Беларуси,
кандидат биологических наук;
elena.Shaf7@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния новых видов хлебобулочных изделий на организм беременных и небеременных самок крыс. Изучены гематологические и биохимические параметры крови, свидетельствующие о качестве и безопасности используемых продуктов.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, показатели качества, беременные и кормящие женщины, пищевая ценность.

Для цитирования: Лапенок Н., Пашук С., Тумар Е., Шафрановская Е. Новые виды хлебобулочных изделий для беременных и кормящих // Наука и инновации. 2021. №11. С. 69–74.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-69-74>

Рациональное питание беременных и кормящих женщин необходимо не только для их хорошего самочувствия – это чрезвычайно важное условие для обеспечения нормального развития плода и новорожденного ребенка. В последние годы многочисленными исследованиями выявлены зна-

чительные нарушения в рационе у большей части этих категорий населения, обусловленные острым дефицитом как полноценного белка, так и других жизненно важных нутриентов, таких как витамины А, Е, С, В2, В6, В12, фолиевая кислота, полиненасыщенные жирные кислоты, а также кальций, железо, медь, цинк, селен, йод и др. В первом триместре беременности недостаток макро- и микронутриентов может привести к нарушениям нормального внутриутробного развития и даже гибели плода [1]. Во втором и третьем – негативно влиять на формирование структур и функций органов и систем (сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной, пищеварительной) [2].

Поэтому актуальны разработка рецептур новых специализированных пищевых продуктов для беременных и кормящих женщин – с определенным перечнем сырьевых компонентов и уточненными особенностями взаимодействия между ними, а также изготовление опытных образцов новой продукции, их изучение на соответствие требованиям нормативных документов



по органолептическим, физико-химическим показателям, биологической ценности, критериям безопасности.

Ниже приведено сравнительное исследование влияния на организм небеременных и беременных лабораторных животных длительного употребления в пищу (30 сут.) специализированных хлебобулочных изделий, разработанных на предприятии «Белтехнохлеб».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исследуемых образцов использовались изделия без добавления сахара, с низким содержанием насыщенных жирных кислот и соли поваренной пищевой, с большим количеством пищевых волокон:

- булочка «Мамин выбор» (булочка), обогащенная кальцием за счет внесения комплекса минерального «Лада»;
- хлеб «Мамин выбор» (хлеб), обогащенный витаминами группы В (РР, В2, В1, фолиевая кислота, В12) за счет применения комплекса витаминного «Славяна»;
- хлеб ржано-пшеничный «Мамин выбор» бессолевой (хлеб бессолевой);
- хлеб «Мамин выбор» зерновой (хлеб зерновой).

В развитых странах отчетлива тенденция снижения потребления поваренной соли. Ограничение ее в рационе во время беременности особенно важно при токсикозе любой выраженности, заболеваниях почек, печеночной и сердечной недостаточности, гипертонии, различных осложнениях в третьем триместре. Соль задерживает жидкость в организме, способствуя образованию отеков, повышению давления, возникновению мигреней и головных болей, а также опасного для беременности состояния – гестоза. Она многократно повышает нагрузку на почки, которые в период вынашивания ребенка и без того оказываются под ударом.

В состав специализированных хлебобулочных изделий входят витаминный и минеральный комплексы, включающие разрешенные для этих целей формы витаминов и минеральных солей, инулин, который кроме присущих и другим пищевым волокнам свойств обладает уникальной способностью повышать всасывание кальция, а также позволяет получать хлебобулочные изделия без сахара, в них отсутствуют консерванты, синтетические красители, искусственные ароматизаторы.

Для изучения влияния новых продуктов на состояние животных формировались

группы небеременных и беременных самок крыс Wistar, которые длительно (30 сут.) получали в составе корма разработанные изделия, тогда как у контрольных особей был стандартный рацион, содержащий хлебобулочное изделие из пшеничной муки – батон.

Наиболее важными показателями, характеризующими безопасность новинок при ежедневном, длительном употреблении, являются гематологические и биохимические параметры, свидетельствующие о состоянии системы гомеостаза. Для изучения первых осуществлялся забор крови из боковой хвостовой вены крыс и проводился анализ на гематологическом анализаторе «Himasaunt» (Германия). Исследования вторых проводились в сыворотке крови и 10%-ном гомогенате печени. Изучаемые параметры (общий белок, альбумин, лактатдегидрогеназа, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, холестерин, глюкоза, щелочная фосфатаза, мочевиная кислота, мочевиная, триглицериды, билирубин, кальций общий) определялись с помощью биохимического анализатора «Hitachi 902» (Швейцария). Диагностические наборы получали от «PZ CORMAY S.A.» (Польша). Концентрация восстановленного глутатиона изучалась по методу [3], активность НАДН-дегидрогеназы рассчитывалась по величине молярной экстинкции для феррицианида калия $E=1020 \text{ M}^{-1} \text{ см}^{-1}$ с учетом разведения образцов ткани и времени инкубации в общепринятых единицах моль/мг/мин по формуле: $A=60 \cdot \text{ДД}$, где ДД – разница экстинкции холостой и опытной проб [4]. Достоверность полученных результатов оценивалась по t-критерию Стьюдента.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученных гематологических и биохимических данных показал, что общая картина состояния самок крыс Wistar после 30 сут. приема изучаемых продуктов относительно стабильна. Наиболее значительные различия выявлены между группами беременных и небеременных животных (табл. 1–6).

У беременных и родивших крыс контрольной группы отмечался рост таких показателей, как количество лейкоцитов, концентрация гемоглобина и гематокрита по сравнению с контрольной группой небеременных самок, что связано со значительной перестройкой организма в процессе беременности, родов, послеродового восста-

новления и вскармливания новорожденных. При кормлении животных булочкой, хлебом бессолевых и хлебом зерновым отмечалось достоверно значимое снижение данных параметров ($p < 0,05$), происходила их нормализация (табл. 1, 2).

Исследованные продукты питания не оказывают повреждающего действия на гемопоз и свойства крови, а наоборот, демонстрируют стимулирующее влияние на иммунокомпенсаторные процессы в организме беременных животных, снижая концентрацию лимфоцитов и увеличивая число гранулоцитов, что приводит к сдвигу вправо лейкоцитарной формулы. Подобный механизм адаптации характерен для беременных, рожениц и кормящих. Снижение активности лимфоцитарного звена иммунитета необходимо для сохранения потомства, несущего генетический материал матери и отца, и воспринимаемого зачастую организмом матери как чужеродное, при этом защитную роль на себя берут менее агрессивные клетки – гранулоциты, фагоцитарная активность и концентрация которых возрастает (табл. 1, 2).

При рассмотрении наличия конечных продуктов распада пуриновых нуклеотидов и белков, таких как мочевая кислота и мочевины, выявлено отсутствие изменений в содержании мочевины как у небеременных, так и у беременных самок при потреблении хлеба, хлеба зернового и хлеба бессолевого. Количество мочевой кислоты увеличивается только у беременных животных, употреблявших хлеб зерновой. Кроме того, этот вид продукта вызывал снижение концентрации общего белка ($p < 0,05$) и повышение содержания альбумина ($p < 0,01$), что может свидетельствовать о его влиянии на белковый обмен (табл. 3, 4).

При сравнении контрольных значений у двух групп животных отмечалось увеличение активностей аланинаминотрансферазы у беременных самок. У небеременных крыс она достоверно не изменилась при потреблении всех исследуемых изделий, тогда как у беременных проявилась тенденция к снижению показателя в группах, употреблявших в пищу булочку и хлеб бессолевой, что способствует нормализации состояния крови животных в послеродовый период.

Активность щелочной фосфатазы (АЩФ), связанной с фосфорным обменом в тонком кишечнике, может изменяться от состояния кишечника, его проходимости в зависимости от принимаемой пищи. Наименьшая АЩФ зафиксиро-

рована в случае поедания хлеба небеременными самками. В целом, этот показатель у всех групп беременных крыс был выше, что объясняется общим физиологическим состоянием их организма. Потребление булочки обнаружило тенденцию к росту показателя, однако данные различия не были статистически значимыми.

Содержание триглицеридов в группах беременных животных было ниже, чем у небеременных, но статистически не значимо.

Концентрация холестерина оказалась немного выше у беременных особей по сравнению с небеременными, получавшими те же виды продуктов.

Отмечен рост содержания глюкозы у беременных самок в случае потребления булочки ($p < 0,01$) и хлеба зернового ($p < 0,01$) наряду с тенденцией к снижению активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в этих группах. Уровень глюкозы у беременных животных, потреблявших хлебобулочные продукты, был идентичен значениям в контрольной группе.

Изучение концентрации молекулярного кальция показало, что у двух групп все виды изучаемых продуктов не вызвали достоверных изменений этого параметра в сыворотке крови.

Концентрация кальция, скорректированного по альбумину, достоверно снижалась у небеременных крыс, а у беременных незначительно увеличивалась в случаях потребления всех исследуемых продуктов.

Показатель ионизированного кальция, рассчитанный с помощью формулы Зейслера: $Ca^{2+} = 6 * Ca_{общ.} - 0,3 * Белок_{общ.} / Белок_{общ.} + 6$ [5, 6], подтвердил ту же направленность происходящих в организме процессов (табл. 3, 4).

Антиоксидантный статус исследуемых продуктов определяли по содержанию глутатиона восстановленного (GSH-восст.) в сыворотке крови [3]. У небеременных самок его количество при потреблении хлеба увеличивалось относительно контроля и снижалось при использовании в пищу булочки. У беременных хлеб бессолевой вызывал снижение содержания GSH-восст., показатели влияния остальных продуктов на его уровень были сравнимы с контрольными значениями.

Поскольку в состав хлеба входят витамины группы В, являющиеся предшественниками никотинамидадениндинуклеотида (НАДН), входящего в состав ферментов группы дегидрогеназ, катализирующих окислительно-восстановительные реакции, или коэнзима I – важнейшего кофермента, присутствующего во всех живых клетках

Группа животных, n=5	Гематологические показатели, (M ± SD)					
	WBC количество лейкоцитов, Ч109/л	RBC количество эритроцитов, Ч1012/L	HGB концентрация гемоглобина, г/л	HCT величина гематокрита, %	MCV средний объем эритроцитов, мкм3	RDWc коэффициентом вариации среднего объема эритроцитов, %
Контроль (батон)	13,28±3,11	13,68±1,60	222,17±23,95	67,05±8,53	49,00±1,67	15,74±0,64
Булочка	6,27±2,19*	11,52±2,30	195,33±40,87	54,40±9,83	47,33±0,94	15,57±0,70
Хлеб	11,33±2,19	11,78±1,25	193,17±22,48	58,43±4,79	49,50±1,64	15,00±0,55
Хлеб бессолевой	11,71±3,07	12,83±1,38	208,29±23,07	62,66±6,73	48,71±1,60	15,00±0,67
Хлеб зерновой	10,06±2,39*	12,29±2,08	211,86±31,54	59,47±7,55	48,57±1,90	15,11±0,29

Группа животных, n=5	Гематологические показатели, (M ± SD)					
	MCH среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	PLT количество тромбоцитов, Ч109/л	PCT% тромбокрит, %	LY% количество лимфоцитов, %	MI% количество моноцитов, %	GR% количество гранулоцитов, %
Контроль (батон)	16,17±0,72	870,83±163,39	0,51±0,11	72,78±4,30	4,12±1,18	23,12±5,30
Булочка	16,87±0,19	691,00±133,54*	0,42±0,05*	66,33±2,85	5,60±1,70	28,03±3,22
Хлеб	16,40±0,92	904,67±172,46	0,55±0,12	71,38±3,33	5,42±1,03	23,20±3,45
Хлеб бессолевой	16,16±1,08	877,14±124,92	0,52±0,06	70,76±5,88	4,73±1,44	24,51±5,37
Хлеб зерновой	17,21±0,75	618,29±118,30*	0,40±0,07*	72,00±7,96	4,53±1,55	23,46±7,71

Таблица 1. Гематологические показатели небеременных крыс самок Wistar, получавших в течение 30 сут. хлебулочные изделия
Примечание: * – различия статистически достоверны по сравнению с контролем, p<0,05

Группа животных, n=5	Гематологические показатели, (M ± SD)					
	WBC количество лейкоцитов, Ч109/л	RBC количество эритроцитов, Ч1012/L	HGB концентрация гемоглобина, г/л	HCT величина гематокрита, %	MCV средний объем эритроцитов, мкм3	RDWc коэффициентом вариации среднего объема эритроцитов, %
Контроль (батон)	24,52±8,57	15,10±2,69	258,40±38,37	80,78±15,25	53,00±2,74	16,70±1,22
Булочка	9,43±2,21*	11,02±1,61	164,40±28,23*	53,34±9,53*	48,00±1,87	17,22±1,49
Хлеб	23,44±16,48	11,06±1,85	211,80±36,40	59,48±11,37	53,20±2,49	16,36±1,02
Хлеб бессолевой	10,33±3,14*	11,25±1,50	199,60±18,37*	56,64±6,25*	50,40±3,58	18,04±2,03
Хлеб зерновой	7,67±1,95*	10,60±2,40	166,00±37,80*	52,88±10,60*	50,40±2,30	16,74±0,65

Группа животных, n=5	Гематологические показатели, (M ± SD)					
	MCH среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	PLT количество тромбоцитов, Ч109/л	PCT% тромбокрит, %	LY% количество лимфоцитов, %	MI% количество моноцитов, %	GR% количество гранулоцитов, %
Контроль (батон)	17,38±2,80	724,40±258,36	0,45±0,14	81,82±6,89	2,40±1,34	15,74±5,99
Булочка	14,84±0,43	930,00±224,91	0,55±0,15	68,86±1,85	6,90±1,85*	24,24±3,27*
Хлеб	19,06±1,48	773,60±196,66	0,47±0,11	81,64±8,63	2,46±1,96	15,92±7,61
Хлеб бессолевой	17,82±1,39	608,60±100,53	0,37±0,06	65,08±7,16	5,76±1,90*	29,16±7,62*
Хлеб зерновой	15,82±2,62	940,00±153,86	0,56±0,08	71,48±6,94	5,76±1,35*	22,78±7,14*

Таблица 2. Гематологические показатели беременных крыс самок Wistar, получавших в течение 30 сут. хлебулочные изделия
Примечание: * – различия статистически достоверны по сравнению с контролем, p<0,05

Группа животных, n=5	Биохимические показатели в сыворотке крови, (M ± SD)							
	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Билирубин, мкмоль/л	Мочевая к-та, мкмоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л	Лактатдегидрогеназа, У/л
Контроль (батон)	76,94±9,59	41,58±2,55	8,26±1,44	68,58±14,60	8,10±0,56	4,00±0,86	1,57±0,19	1947,23±425,92
Булочка	67,94±17,09	42,63±3,39	7,20±1,59	62,43±11,59	10,18±0,46**	3,35±0,65	1,58±0,15	1535,00±489,53
Хлеб	80,85±26,82	45,48±2,89	8,57±4,30	84,42±20,44	8,10±0,54	5,45±0,74	1,68±0,12	1764,37±409,48
Хлеб бессолевой	72,69±15,89	42,09±3,03	8,19±2,44	74,79±17,73	8,44±0,69	5,33±0,81	1,61±0,25	1655,09±294,79
Хлеб зерновой	63,92±9,16*	46,23±2,36**	8,09±1,03	63,03±12,21	10,01±0,49**	5,86±0,69	1,66±0,17	1555,17±358,47
Группа животных, n=5	Биохимические показатели в сыворотке крови, (M ± SD)							
	АЛТ, У/л	АСТ, У/л	Коэффициент де Ритиса	Щелочная фосфатаза, У/л	Триглицериды, ммоль/л	Кальций общий, ммоль/л	Кальций ионизированный, ммоль/л	GSH, мкмоль/л
Контроль (батон)	77,02±26,03	227,83±42,92	3,16±0,90	457,02±144,39	1,77±0,66	3,58±0,35	1,38±0,15	48,30±20,35
Булочка	54,73±8,22	228,30±34,75	4,19±0,47*	483,83±171,30	1,78±0,57	3,32±0,30	1,26±0,13	36,01±4,86
Хлеб	62,67±10,36	207,30±46,23	3,38±0,92	321,40±96,91	1,97±0,51	3,62±0,21	1,39±0,09	66,52±7,92
Хлеб бессолевой	66,31±14,85	217,33±31,86	3,38±0,69	369,94±47,18	1,61±0,57	3,52±0,14	1,35±0,06	50,15±5,90
Хлеб зерновой	73,56±17,00	215,96±22,67	3,01±0,41	419,44±180,26	1,96±0,32	3,60±0,17	1,39±0,08	41,74±7,73

Таблица 3. Биохимические показатели в сыворотке крови небеременных крыс самок Wistar, получавших в течение 30 сут. хлебобулочные изделия Примечание: * – различия статистически достоверны по сравнению с контролем, p<0,05, ** – p<0,01

Группа животных, n=5	Биохимические показатели в сыворотке крови, (M ± SD)							
	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Билирубин, мкмоль/л	Мочевая к-та, мкмоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л	Лактатдегидрогеназа, У/л
Контроль (батон)	66,97±11,15	36,02±2,48	5,65±0,98	62,70±14,68	8,36±0,55	6,06±0,81	1,90±0,20	2021,52±360,38
Булочка	89,23±32,42	37,33±8,83	7,37±2,05	74,40±20,89	7,45±0,89	5,42±1,31	1,75±0,27	1822,02±339,39
Хлеб	66,82±9,67	37,12±6,17	9,96±2,85	58,46±9,08	8,10±0,73	4,68±0,66	1,82±0,24	2095,88±270,01
Хлеб бессолевой	89,37±41,02	37,52±1,80	10,22±2,93	49,52±14,44	8,10±0,42	6,32±1,36	1,84±0,28	510,68±343,96
Хлеб зерновой	72,36±14,90	37,56±3,72	7,98±1,72	84,50±11,73**	7,42±0,41	5,82±1,03	1,88±0,19	1572,94±272,55
Группа животных, n=5	Биохимические показатели в сыворотке крови, (M ± SD)							
	АЛТ, У/л	АСТ, У/л	Коэффициент де Ритиса	Щелочная фосфатаза, У/л	Триглицериды, ммоль/л	Кальций общий, ммоль/л	Кальций ионизированный, ммоль/л	GSH, мкмоль/л
Контроль (батон)	108,06±17,29	235,00±55,52	2,16±0,27	569,84±170,54	0,59±0,17	3,16±0,10	1,20±0,04	50,83±5,06
Булочка	83,43±24,86	232,90±42,15	2,93±0,68	681,67±309,09	1,02±0,41	3,28±0,41	1,24±0,18	66,95±23,24
Хлеб	103,20±38,06	237,28±33,58	2,66±1,29	616,52±175,16	0,86±0,22	3,41±0,27	1,31±0,12	57,87±19,12
Хлеб бессолевой	88,46±21,98	190,38±8,99	2,24±0,47	664,72±226,66	1,11±0,46	3,46±0,23	1,33±0,10	36,22±11,52
Хлеб зерновой	102,84±28,74	212,78±33,01	2,20±0,66	551,78±207,99	0,76±0,02	3,27±0,18	1,25±0,08	48,13±11,62

Таблица 4. Биохимические показатели в сыворотке крови беременных крыс самок Wistar, получавших в течение 30 сут. хлебобулочные изделия Примечание: ** – различия статистически достоверны по сравнению с контролем, p<0,01

Группа животных, n=5	НАДН-ДГ, мкмоль/мин, (M ± SD)
Контроль (батон)	6,34±1,02
Хлеб	7,86±1,00

Таблица 5. Биохимические показатели НАДН-ДГ в 10%-ном гомогенате печени небеременных крыс самок Wistar, получавших в течение 30 сут. хлебобулочные изделия

Группа животных, n=5	НАДН-ДГ, мкмоль/мин, (M ± SD)
Контроль (батон)	8,77±0,71
Хлеб	7,84±0,82

Таблица 6. Биохимические показатели НАДН-ДГ в 10%-ном гомогенате печени беременных крыс самок Wistar, получавших в течение 30 сут. хлебобулочные изделия

и выполняющего функцию переносчика электронов и водорода, которые он принимает от окисляемых веществ, представлялось важным изучение антиоксидантных свойств продукта. Для этого в 10%-ном гомогенате печени определялась активность НАДН дегидрогеназы (НАДН-ДГ) [4].

В гомогенате печени небеременных крыс отмечался рост активности НАДН-ДГ при применении в течение 30 сут. хлеба по сравнению с контрольной группой (табл. 5).

У беременных крыс наблюдался рост активности НАДН-ДГ по сравнению с небеременными, что согласуется с данными об увеличении активности НАДН-ДГ при гестозе легкой степени у беременных женщин при разобщении окислительного фосфорилирования и дыхания в митохондриях.

При использовании хлеба беременными животными отмечалось снижение и нормализация изучаемого параметра. Поэтому, возможно, употребление в пищу хлеба будет полезно именно беременным, родившим и кормящим женщинам для нормализации окислительно-восстановительной функции в клетках печени (табл. 6).

Таким образом, анализ влияния новых хлебобулочных изделий на организм самок показал, что булочка у небеременных животных достоверно повышает содержание глюкозы ($p < 0,01$) и коэффициента Де Ритис ($p < 0,05$); все остальные биохимические показатели сыворотки крови не проявляют достоверных изменений. У беременных крыс этот продукт проявлял тенденцию к повышению билирубина и триглицеридов в пределах физиологической нормы.

У небеременных самок хлеб зерновой вызвал изменения белкового обмена, повышение содержания глюкозы ($p < 0,01$) и снижение активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ); у беременных такие изменения отсутствуют, но увеличены концентрации билирубина ($p < 0,05$) и мочевой кислоты ($p < 0,05$).

Хлеб, содержащий витамины группы В, показал у небеременных крыс отсутствие достоверных отличий от контроля всех изучаемых параметров; у беременных самок отмечено недостоверное повышение концентрации билирубина.

Хлеб бессолевой не вызывал изменений биохимических параметров сыворотки крови небеременных животных, у беременных – незначительно увеличивал содержание билирубина.

Полученные данные позволяют оценить изученные хлебобулочные изделия как безопасные и рекомендовать булочку «Мамин выбор», хлеб «Мамин выбор», хлеб ржано-пшеничный «Мамин выбор» бессолевой, хлеб «Мамин выбор» зерновой для питания как беременных и кормящих женщин, так и других категорий населения для разнообразия рациона. ■

■ **Summary.** The results of studies of the effect of new types of baked goods on the body of pregnant and non-pregnant rats. The study of hematological and biochemical parameters showed the quality and safety levels of the products used.

■ **Keywords:** bakery products, quality indicators, pregnant and lactating women, nutritional value.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-69-74>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конь И.Я. Современные подходы к организации рационального питания беременных и кормящих матерей / И.Я. Конь // Методические рекомендации. – М., 2002.
2. Рациональное вскармливание беременных и кормящих женщин // Информационное письмо Министерства здравоохранения и социального развития РФ. 2009.
3. Ellman G.L. Tissue sulfhydryl groups / G.L. Ellman // Arch. Biochem. 1959. Vol. 82. P.70–77.
4. Карузина И.И. Выделение микросомальной фракции печени и характеристика ее окислительных систем / И.И. Карузина, А.И. Аргаков // Современные методы в биохимии. – М., 1977.
5. Dickerson R.N. Accuracy of Methods to Estimate ionized and "Corrected" Serum Calcium Concentrations in Critically Ill Multiple Trauma Patients receiving Specialized Nutrition Support / R.N. Dickerson, K.H. Alexander, G. Minard // J. Parenter. Enteral. Nutr. 2004. №28(3). P.133–141.
6. Zeisler E.B. Determination of diffusible serum calcium. E.B. / Zeisler Am. J. // Clin. Pathol. 1954. №24. C. 588–593.

SEE http://innosfera.by/2021/11/bakery_products

Статья поступила в редакцию 05.05.2021 г.

Али Адиб Хуссейн Али,
аспирант кафедры биохимии
факультета биологии и экологии Гродненского
государственного университета им. Янки Купалы,
магистр биологических наук;
medic_lab2015@yahoo.com

Людмила Лосева,
ведущий научный сотрудник НИЧ,
доцент кафедры биохимии
факультета биологии и экологии Гродненского
государственного университета им. Янки Купалы,
кандидат химических наук

Татьяна Крупская,
старший преподаватель кафедры
теоретической физики и теплотехники
физико-технического факультета Гродненского
государственного университета им. Янки Купалы;
krupskayatanuyusha@mail.ru

Олег Кузнецов,
доцент кафедры микробиологии,
вирусологии и иммунологии
Гродненского государственного
медицинского университета,
кандидат биологических наук, доцент;
olegkuznetsov@inbox.ru

БИОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА У ЛИЦ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Аннотация. Представлены результаты исследования особенностей питания и биоэлементного статуса лиц 18–30 лет г. Гродно и Гродненской обл. с нормальным и повышенным индексом массы тела (ИМТ), проведенного с использованием опроса и метода рентгенофлуоресцентного анализа волос для выявления состояния обмена микро- и макроэлементов в организме. Определено, что у мужчин с ИМТ 25–30 соотношение $Ca/K > 5$ (при норме 2–5) у 64% обследованных, а соотношение $Zn/Cu > 8$ (при норме 8) – у 72%. У женщин с таким же ИМТ данные показатели отмечены у 92% и 56% соответственно. По мнению авторов, эти соотношения могут служить диагностическим критерием избыточной массы тела и маркером нарушений, требующих мер по коррекции рациона.

Ключевые слова: ожирение, пол, биоэлементы, метод рентгенофлуоресцентного анализа, математическая статистика, индекс массы тела, биохимия.

Для цитирования: Али Адиб Хуссейн Али, Лосева Л., Крупская Т., Кузнецов О. Биоэлементный статус организма у лиц с избыточной массой тела // Наука и инновации. 2021. №11. С. 75–79.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-75-79>

По данным ВОЗ, в мире избыточной массой тела страдают около 30% населения, то есть 1,7 млрд человек. В Западной Европе это актуально для 25% женщин и 20% мужчин, в США – для 60% жителей, причем ожирение отмечается у 27%, в России и Беларуси эти показатели в среднем 30% и 25%. Ожидается, что число подобных случаев в ближайшие два десятилетия может увеличиться вдвое, и это представляет серьезную угрозу для здоровья людей.

Нормальный ИМТ у человека любого типа телосложения – от худощавого до ширококостного – составляет 18–24,9. Если он равен 25, это означает начало набора веса, а после 27 начинаются первые проблемы от излишней массы.

В последнее время все больший интерес наряду с исследованиями крови, плазмы и мочи представляет изучение волос для определения процессов обмена микро- и макроэлементов в организме. Полученные при этом показатели являются информатив-

ным маркером функциональных нарушений состояния организма и отправной точкой для оптимизации питания в зависимости от пола и возраста среди молодежи, что приобретает особую значимость в наши дни и требует пристального внимания ученых [14–20]. Например, исследование биоэлементов представлено среди самых перспективных направлений в программе Национального института здравоохранения США. В развитых странах мира здоровому образу жизни и сбалансированному питанию как одному из важнейших его факторов уделяется большое внимание [5–13].

В ходе нашей работы впервые показана возможность применения рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) волос как метода контроля баланса макро- и микроэлементов в организме мужчин и женщин в возрасте 18–30 лет с различным ИМТ, а выявленный дисбаланс по кальцию, цинку, железу, меди, калию у молодых людей, проживающих в г. Гродно и Гродненской обл., станет поводом провести коррекцию питания на ранней стадии

формирования элементозов [1–4]. РФА позволяет исследовать химические элементы таблицы Менделеева от серы до урана в составе различных сред – твердых, жидких, порошковых – и идентифицировать примеси с концентрацией от 0,1 мкг.

Интерес к изучению элементного состава волос обусловлен активным участием биоэлементов в деятельности ферментов, гормонов и в процессах регуляции систем организма, а также тем, что их физиологическая и биохимическая роль остается недостаточно изученной. Известно, что для белкового, углеводного и жирового обмена веществ необходимы Fe, Co, Mn, Zn, Mo, V, B, W; в синтезе белков участвуют Mg, Mn, Fe, Co, Cu, Ni, Cr; в кроветворении – Co, Ti, Cu, Mn, Ni, Zn; в дыхании – Mg, Fe, Cu, Zn, Mn и Co [21]. Но информации о биохимических механизмах взаимодействия между двумя или более микроэлементами, которые могут быть очень сложными и неоднозначными, мало. В составе ферментов они ускоряют или замедляют различные процессы, выступают в роли катализаторов или ингибиторов, что приводит к повышению или понижению концентрации отдельных белков, жиров, углеводов и других веществ, необходимых для жизни.

Цель настоящей работы – оценка состояния биоэлементного статуса лиц с избыточной массой тела для коррекции питания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения работы была использована база Научно-исследовательской лаборатории физико-химических методов исследования объектов окружающей среды ГрГУ им. Я. Купалы. Выполнен биоэлементный анализ состава волос лицам, проживающим в г. Гродно и Гродненской обл. В группу наблюдения отобраны 50 человек (25 мужского и 25 женского пола) с ИМТ = 25–30 в возрасте 18–30 лет. Контрольная группа с ИМТ = 18–24,9 была аналогична по численности и составу.

Биоэлементный состав волос определяли посредством РФА на приборе типа СЕР-01 или ElvaX с программным обеспечением «Elvatech MCA Software» и «МК-RE-06» с использованием методик МВИ. МН. 3730–2011 «Определение массовой доли химических элементов в биопробах (волосах) рентгенофлуоресцентным методом на приборе СЕР-01» и МВИ.МН.3272–2009 «Определение массовой доли химических элементов в пробах животного и растительного происхождения рентгенофлуоресцентным методом на приборе СЕР-01», разработанных авторами.

Для сопоставления полученных результатов применяли референтные значения концентраций химических элементов в волосах (величины 25–75 перцентильных интервалов для группы населения 18–65 лет), предложенные А.В. Скальным (2003), и данные исследования элементного статуса контрольных групп. Анкетирование участников из групп наблюдения проводили по инструкции Министерства здравоохранения Республики Беларусь №001–0215 «Методы оценки фактического питания и пищевого статуса взрослых» [23].

Полученные результаты были обработаны методами математической статистики – проведен корреляционно-регрессионный анализ [24–26], который включал:

- вычисление мер центральной тенденции (среднее, медиана, мода), показывающих, в какой области значений параметра группируются данные;
- определение мер дисперсии (стандартное отклонение, размах, квартильный размах), показывающих распределение данных по области значений;
- расчет 95% доверительного интервала, позволяющего показать точность оценки среднего.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования установлено, что питание женщин с повышенной массой тела характеризовалось избытком легкоусвояемых углеводов (на 70% относительно нормативных величин), табл. 1.

Как видно из таблицы, соотношение основных питательных веществ по массе в среднесуточном рационе этой группы не было сбалансировано по белкам, жирам и углеводам (1:1,2:3,0 при рекомендуемом оптимальном балансе 1:1:4). Анализ потребления витаминов показал, что поступление В1 составило 90,5% относительно контрольной группы ($p < 0,001$), В2–57%, В6–44,3%, В12–55,3%, С – 79,5% относительно контроля и 80% от нормы физиологического потребления, а витамина Е – 80% и 60% соответственно.

При оценке поступления пищевых веществ в организм мужчин с повышенной массой тела выявлен избыток потребления белков, жиров и углеводов, уровни которых составляли 152,9%, 155,6% и 93,8% относительно физиологической нормы (табл. 2).

Последовательный анализ содержания витаминов в рационе, представленный в табл. 2, позволил установить количественное соответствие их потребления в экспонируемой группе и группе сравнения

в 76,9% случаях, что соответствовало физиологическим нормам. Достоверные различия установлены только по углеводам, витаминам А и В12.

Отличительной особенностью фактического питания мужчин обеих групп было высокое содержание белков и липидов (превышали норму в 1,73–1,77 и в 2,41–2,56 раза соответственно), а также повышенное на 23,3% потребление углеводов и достоверный дефицит витаминов А, бета-каротина и В12 (на 50%, 41,9% и 33,8% соответственно) в группе с повышенным ИМТ относительно контрольной. Для первой также отмечалась несбалансированность нутриентного состава среднесуточных рационов по белку, жирам и углеводам (по массе) – 1:1,8:3,5 при рекомендуемых 1:1:4.

Для выяснения связи между варьирующими признаками, а также установления направления и измерения ее тесноты рассчитывались парные коэффициенты корреляции по Пирсону.

В группе наблюдения мужчин с ИМТ = 25–30 имеется статистически достоверная обратная взаимосвязь концентраций К и Са, Zn и Мо, Pb и Cd, а также К и отношения Са к К на уровне значимости 0,05, также установлена обратная взаимосвязь (p = 0,001) концентрации Cu и отношения Zn к Cu.

В контрольной группе с ИМТ = 8–24,9 обнаружена статистически достоверная обратная взаимосвязь концентраций Zn и Мо, S и Cd, а также соотношения Са/К и Zn/Cu на уровне значимости 0,05. Установлена обратная взаимосвязь (p = 0,001) концентрации Cu и отношения Zn к Cu, концентрации К и отношения Са/К, концентраций Са и К, Cr и Cd.

Для построения уравнения множественной регрессии рассчитана и проанализирована матрица парных коэффициентов корреляции уровней факторов.

При анализе данных отдельно для лиц мужского пола уравнение регрессии, показывающее зависимость соотношения цинка и меди в биоматериале (волосах) от содержания указанных элементов в пище, имеет следующий вид (здесь и далее в уравнениях частные коэффициенты корреляций статистически значимы с p < 0,05):

$$Y_{Zn/Cu} = 1,625 - 0,016X_{\text{цинк в пище}} + 17,605X_{\text{медь в пище}}$$

Полученное значение коэффициента детерминации (R² = 0,866; F = 67,812, при p < 0,001) свидетельствует о высокой достоверной связи между статусом обследуемого мужчины и содержанием указанных элементов в пище, что доказывает значимость цинка и меди в потребляемой пище для прогнозирования нарушения обмена этих микроэлементов у мужчин.

Уравнение регрессии для соотношения Zn и Cu с учетом всех элементов и ИМТ таково:

$$Y_{Zn/Cu} = 21,809 + 0,029X_{\text{цинк}} + 0,005X_{\text{кальций}} - 0,276X_{\text{медь}} + 0,371X_{\text{сера}} - 13,138X_{\text{кадмий}}$$

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение, $\bar{X} \pm \delta$	
		Экспонируемая группа ИМТ = 25–30 n = 25	Группа сравнения ИМТ = 18–24,9 n = 25
Белки, г	63–66	110,70 ± 20,96	106,64 ± 26,61
Жиры, г	70–73	76,07 ± 33,65 ***	121,18 ± 27,38
Углеводы, г	318–378	500,95 ± 63,46 ***	212,98 ± 51,67
Витамин А, мг РЭ	0,90–3,0	0,50 ± 0,49	0,50 ± 0,21
Бета-каротин, мг	5,0	4,69 ± 2,56 ***	5,32 ± 4,28
Витамин В1, мг	1,5–5,0	1,72 ± 0,33 ***	1,9 ± 0,32
Витамин В2, мг	1,8–6,0	1,18 ± 0,37 ***	2,07 ± 0,82
Витамин РР, мг	20,0–60	15,26 ± 3,55 ***	19,84 ± 4,65
Витамин С, мг	90–900	70,58 ± 31,37 ***	94,53 ± 28,06
Витамин Е, мг ТЭ	15–150	11,72 ± 7,59 ***	20,14 ± 6,45
Витамин В6, мг	2,0–6,0	1,32 ± 0,42 ***	2,98 ± 0,43
Витамин В12, мкг	3,0–9,0	4,83 ± 1,89 ***	8,74 ± 6,15
Фолаты, мкг	400–600	250,3 ± 42,7	262,31 ± 79,48

Таблица 1. Потребление пищевых веществ женщинами с ИМТ = 18–24,9 и ИМТ = 25–30. Результаты анкетного опроса

Примечания: ** – значимые различия по отношению к группе сравнения, p < 0,01;

*** – статистически значимые различия по отношению к группе сравнения, p < 0,001

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение, $\bar{X} \pm \delta$	
		Экспонируемая группа ИМТ = 25–30 n = 25	Группа сравнения ИМТ = 18–24,9 n = 25
Белки, г	72–80	138,29 ± 44,74	141,64 ± 26,88
Липиды, г	83–93	237,68 ± 74,64	224,32 ± 53,85
Углеводы, г	366–411	426,98 ± 121,71*	370,22 ± 73,24
Витамин А, мг РЭ	0,90–3,0	1,31 ± 0,84 ***	2,62 ± 1,90
Бета-каротин, мг	5,0	4,37 ± 2,89	6,42 ± 4,02
Витамин В1, мг	1,5–5,0	3,16 ± 1,42	2,79 ± 1,00
Витамин В2, мг	1,8–6,0	2,22 ± 0,62	2,54 ± 0,66
Витамин РР, мг	20,0–60	25,51 ± 7,91	26,56 ± 4,56
Витамин С, мг	90–900	105,71 ± 43,21	118,48 ± 46,68
Витамин Е, мг ТЭ	15–150	38,10 ± 12,73	39,04 ± 9,89
Витамин В6, мг	2,0–6,0	3,09 ± 0,91	3,18 ± 0,54
Витамин В12, мкг	3,0–9,0	8,79 ± 3,57 *	12,71 ± 5,28
Фолаты, мкг	400–600	210,39 ± 57,31	240,61 ± 60,46

Таблица 2. Потребление пищевых веществ мужчинами с ИМТ = 18–24,9 и ИМТ = 25–30. Результаты анкетного опроса

Примечание: * – значимые различия по отношению к группе сравнения, p < 0,05;

*** – значимые различия по отношению к группе сравнения, p < 0,001.

Функциональный пищевой ингредиент	Калий	Кальций	Хром	Марганец	Железо	Медь	Цинк
Спирулина (<i>Spirulina platensis</i>)	7420,7±250,1	878,7±50,1	0,5±0,1	10,8±1,5	297,9±15,1	0,3±0,1	22,4±1,5
Хлорелла (<i>Chlorella vulgaris</i>)	7144,1±150,1	1411,1±150,1	1,7±0,5	45,3±15,3	288,6±7,1	3,2±0,6	15,5±1,5
Фукус (<i>Fucus vesiculosus</i>)	3523,4±144,1	3990,5±126,3	3,9±1,0	24,3±1,8	429,1±7,3	12,4±0,9	9,5±0,7
Ламинария (<i>Laminaria saccharina</i>)	23976,7±526,1	2406,5±137,2	0,5±0,1	1,8±0,4	242,3±7,7	0,8±0,1	3,5±0,6

Таблица 3. Содержание биоэлементов в различных видах водорослей, мкг/г

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,867$; $F = 3,922$, при $p = 0,05$ также говорит о связи между статусом обследуемого, содержанием этих элементов в рационе и повышенной массой тела. Исследованные параметры определяют соотношение Zn/Cu в группе лиц мужского пола на 86,7%.

При анализе данных отдельно для мужчин уравнение регрессии, показывающее зависимость соотношения кальция и калия в биоматериале (волосах) от содержания указанных элементов в пище, имеет следующий вид:

$Y_{Ca/K} = -0,077 - 6,645X_{\text{кальций в пище}} + 30,660X_{\text{калий в пище}}$
а уравнение регрессии для соотношения кальция и калия с учетом всех элементов и индекса массы тела – такой:

$Y_{Ca/K} = -18,525 + 0,920X_{\text{имт}} + 0,026X_{\text{кальций}} - 0,025X_{\text{калий}} + 0,371X_{\text{железо}} + 2,924X_{\text{молибден}} - 2,092X_{\text{свинец}} - 16,563X_{\text{кадмий}}$

Коэффициенты детерминации ($R^2 = 0,935$; $F = 157,778$, при $p < 0,001$) и ($R^2 = 0,977$; $F = 25,256$, при $p < 0,001$) показывают высокую достоверную связь между статусом обследуемого, содержанием данных элементов в рационе и повышенной массой тела, что доказывает

их высокую значимость для прогнозирования нарушения обмена кальция и калия. Исследованные параметры определяют соотношение Ca/K в группе лиц мужского пола на 97,7%.

В контрольной группе лиц женского пола с ИМТ = 18–24,9 имеется статистически достоверная обратная взаимозависимость концентраций Fe и Co, а также соотношения Ca/K и концентрации Fe, соотношения Zn/Cu и содержания Cu на уровне значимости 0,05. Установлена обратная взаимосвязь ($p = 0,001$) концентраций K и Mn и отношения Ca к K.

В группе наблюдения с ИМТ = 25–30 обнаружена обратная взаимозависимость концентраций K и Cd, а также соотношения Ca/K и концентрации K, соотношения Zn/Cu и содержания Cu на уровне значимости 0,05.

Уравнение регрессии для соотношения цинка и меди с учетом всех элементов и ИМТ таково:

$Y_{Zn/Cu} = 6,080 + 0,074X_{\text{цинк}} - 0,001X_{\text{кальций}} - 0,193X_{\text{медь}} + 0,267X_{\text{железо}}$

Уравнение регрессии для соотношения кальция и калия с учетом всех элементов и ИМТ имеет вид:

$Y_{Ca/K} = -59,428 + 0,019X_{\text{кальций}} - 14,463X_{\text{марганец}} - 0,003X_{\text{сера}}$

Значения коэффициентов детерминации ($R^2 = 0,952$; $F = 11,993$, при $p = 0,001$) и ($R^2 = 0,799$; $F = 2,391$, при $p = 0,05$) соответственно свидетельствуют о высокой достоверной связи между статусом обследуемой женщины и содержанием указанных элементов в пище, а также с повышенной массой тела. Исследованные параметры определяют соотношение Zn/Cu в группе лиц женского пола на 95,2% и Ca/K на 79,9%.

Как показано, коррекцию питания лиц с повышенным ИМТ целесообразно проводить с учетом особенностей питания, желательно с использованием продуктов массового производства – хлеба. Для этого были проведены исследования методом РФА элементного состава биологически активных комплексов – водорослей, лекарственных растений, которые можно применять для

Наименование растения	Калий	Кальций	Хром	Марганец	Железо	Медь	Цинк
Плоды шиповника (<i>Rosa cinnamomea</i>)	8631,7±338,3	3831,9±185,6	1,8±0,3	6,7±1,4	37,4±2	2,9±0,7	5,8±0,9
Плоды калины (<i>Viburnum opulus</i>)	6512,5±165,8	1549,1±66,6	4,9±0,9	0,8±0,1	48,1±2,8	37,3±3,6	6,0±0,5
Ягоды черники (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	4579,2±191,2	1353,1±85,6	3,9±1,1	279,1±7,8	323,0±7,4	4,7±0,7	12,0±1,5
Ягоды рябины черноплодной (<i>Aronia melanocarpa</i>)	6169,0±222,5	1255,6±82,7	33,3±3,6	15,3±1,5	170,5±5,4	33,9±1,9	8,5±0,8
Ягоды рябины красной (<i>Sorbus aucuparia</i>)	4792,5±180,1	2559,5±108,3	2,7±0,6	12,3±1,2	46,0±2,5	13,8±1,7	11,5±1,0
Плоды боярышника (<i>Crataegus oxyacantha</i>)	6326,7±211,9	3592,3±131,4	34,2±5,5	4,5±0,9	128,7±4,4	420,6±6,0	237,7±4,1
Плоды расторопши (<i>Silybum marianum</i>)	5585,4±274,0	9730,3±297,7	1,8±0,4	12,1±2,0	90,9±5,1	13,2±1,5	45,5±2,4

Таблица 4. Содержание химических элементов в лекарственных растениях (плоды), мкг/г

обогащения хлебобулочных изделий. Результаты представлены в табл. 3, 4.

Содержание калия в водорослях колеблется в широких пределах: от 3523,4 мкг/г до 23976,7 мкг/г, кальция – от 878,7 мкг/г до 3990,5 мкг/г, хрома – от 0,5 мкг/г до 3,9 мкг/г, марганца – от 1,8 мкг/г до 45,3 мкг/г, железа – от 242,3 мкг/г до 429,1 мкг/г, меди – от 0,3 мкг/г до 12,4 мкг/г, цинка – от 3,5 мкг/г до 9,5 мкг/г.

Содержание калия в плодах исследуемых растений варьируется в пределах от 4265,3 мкг/г до 8631,7 мкг/г, кальция – от 827,4 мкг/г до 9730,3 мкг/г, хрома – от 1,1 мкг/г до 34,2 мкг/г, марганца – от 0,8 мкг/г до 279,8 мкг/г, железа – от 37,4 мкг/г до 323,0 мкг/г, меди – от 2,9 мкг/г до 420,6 мкг/г, цинка – от 5,8 мкг/г до 237,7 мкг/г.

Для коррекции рациона питания лиц с избыточным индексом массы тела на основе исследований элементного состава биологически активных комплексов были разработаны рецептуры хлебобулочных изделий на основе СТБ 639–95 [27]:

- хлеб с добавлением 3% порошка микроводоросли спирулина платенсис (*Spirulina platensis microalgae powder*);
- хлеб с 2% порошка микроводоросли хлорелла (*Chlorella pyrenoidosa microalgae powder*);
- хлеб с 2% порошка водоросли фукус (*Fucus vesiculosus microalgae powder*);
- хлеб с 4% порошка плодов боярышника (*Crataegus oxyacantha powder*).

Предложенные функциональные ингредиенты имеют сбалансированный элементный состав, содержат кальций, медь, железо, калий, цинк, марганец, хром в более высоких концентрациях, чем основа изделий – мука марок М54–28, М54–25 и могут быть рекомендованы для обогащения хлебобулочных изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коэффициент соотношения Ca/K может быть использован для оценки активности кальций регулирующих гормонов как микроэлементное выражение их эффекта (граница оптимального соотношения: 2–5). Выявлено, что в группе мужчин с ИМТ = 25–30 соотношение Ca/K > 5 установлено у 64% обследованных, а соотношение Zn/Cu > 8 – в 72% случаев. В аналогичной группе женщин подобная картина наблюдалась в 92% и 56% соответственно. Коэффициент Ca/K может быть использован в оценке степени усвоения кальция костной тканью.

Для построения уравнения множественной регрессии рассчитана и проанализирована матрица

парных коэффициентов корреляции уровней факторов. Величина соотношения Ca/K у мужчин определяется потреблением с пищей калия, кальция, железа, молибдена, свинца, кадмия, у женщин – кальция, марганца и серы.

Для нормализации работы кальций регулирующих механизмов необходим контроль поступления вышеперечисленных элементов с пищей, что подтверждается корреляционными связями между их концентрациями в организме. Разработанные рецепты хлебобулочных изделий позволяют обеспечить не менее 30% суточной потребности в эссенциальных элементах для всех половозрастных групп населения нашей страны. ■

*Работа профинансирована Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований в рамках международного проекта Б10МС-003 (2019–2021 гг.).

■ **Summary.** The aim of the work is to assess changes in the bioelement status of overweight persons using the method of X-ray fluorescence analysis and to identify its correlations with nutritional features. It has been found that in a group of men with body mass index 25-30, the Ca/K ratio > 5 in 64 % of the surveyed, and the Zn/Cu ratio > 8 in 72 % of persons. Thus, it can be seen that in a group of men with increased body weight, the activity of calcium-regulating hormones is increased in 64%. In a group of women with body mass index 25-30, the Ca/K ratio > 5 in 92 % of the surveyed patients, and the Zn/Cu ratio > 8 in 56 %. It has been shown that with increased body weight, the activity of calcium-regulating hormones is increased in 92 % of the surveyed women. To construct the multiple regression equation, a matrix of paired correlation coefficients of factor levels is calculated and analyzed. The value of the Ca/K ratio in men is determined by the intake of potassium, calcium, iron, molybdenum, lead, and cadmium with food. The Ca/K ratio in women is determined by the intake of calcium, manganese, and sulfur with food. To normalize the work of calcium-regulating mechanisms, it is necessary to control the intake of these elements into the body.

■ **Keywords:** obesity, gender, bioelements, x-ray fluorescence analysis, mathematical statistics, body mass index, biochemistry.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-75-79>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ожирение: этиология, патогенез, клинические аспекты / под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. – М., 2006.
2. Дэниел Г. Бессесен, Роберт Кушнер. Избыточный вес и ожирение. Профилактика, диагностика и лечение. – М., 2004.
3. Дорошевич В.И. Статус питания и здоровье человека // Медицинские новости. 2003. №4. С. 18–26.
4. Faghihian H. Rahbarnia H. Determination of trace elements in hair of some local population in Iran by instrumental neutron activation analysis // J. of Radioanalytical a. Nuclear Chemistry. 2002. Vol. 251. №3. P. 427–430.
5. Fomon S.J. Nutrition of normal infants. St. Louis. – Mosby, 1993.

Полный список использованных источников размещен

 <http://innosfera.by/2021/11/bioelements>

Статья поступила в редакцию 19.04.2021 г.



НАЦИОНАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОСРЕДСТВОМ ПУБЛИКАЦИЙ



Мария Бовкунович,
научный сотрудник
отдела научного
формирования фондов
Центральной научной
библиотеки им. Якуба Коласа
НАН Беларуси



Оксана Сикорская,
заведующий отделом
научного формирования
фондов Центральной
научной библиотеки
им. Якуба Коласа
НАН Беларуси

В последнее время все большую актуальность приобретают исследования на основе библиометрических данных, связанные с оценкой продуктивности совместной научной деятельности ученых, о которой можно судить по опубликованным результатам кооперации между научными коллективами, организациями, секторами науки на международном и национальном уровнях. Наглядный пример – международная база данных научного цитирования Scopus издательства «Elsevier», в которой только за последние 5 лет зафиксировано свыше 13 тыс. публикаций по теме сотрудничества в науке [1].

Авторами данной статьи был проведен анализ работ ученых Национальной академии наук Беларуси, представленных в Scopus в 2016–2020 гг.,

с целью изучения национального научного сотрудничества на основе соавторства как на индивидуальном, так и на академическом уровне. Что касается первого, то было проанализировано изменение числа работ одного автора и их процентной доли от общего числа публикаций. На уровне НАН Беларуси изучена динамика материалов, подготовленных в соавторстве с представителями других белорусских организаций. Результаты анализа позволяют понять, как устроено взаимодействие в академической среде, сформировать модели научных связей на внутристрановом уровне, что важно для лучшего понимания пространственной организации отечественной науки, оценить сеть национальных научных коммуникаций, выявить кластеры научного сотрудничества организаций республики.

Всего за исследуемый пятилетний период в Scopus размещено 11748 статей с участием белорусских авторов. Они свидетельствуют о том, что в науке наблюдается рост международной кооперации. Больше всего публикаций выполнено отечественными учеными совместно с коллегами из России – 39%, а также Германии и Польши – по 16%. В совместных научных исследованиях участвовали представители более 160 стран мира, из которых в первую двадцатку, кроме перечисленных, вошли США, Франция, Великобритания, Китай, Украина и др.

Статьи ученых НАН Беларуси составили 38% (4476) от общего количества отечественных работ за исследуемый период; наиболее продуктивное научное сотрудничество выявлено с Россией (46%), Германией и Польшей (по 17%).

В Scopus наблюдается устойчивый рост числа мировых публикаций – от 3 012 601 в 2016 г. до 3 498 240 в 2020 г. Ежегодно увеличивается и количество научных статей исследователей из нашей страны: от 1949 в 2016 г. до 2596 в 2020 г., в том числе авторов Национальной академии наук Беларуси (табл. 1).

В целом отмечается ежегодный рост количества научных публикаций академий наук большинства приведенных в табл. 1 стран (Россия, Украина, Узбекистан и др.). НАН Беларуси входит в тройку лидеров с приростом работ с 2016 г. на 3,3%.

На современном этапе продуктивная деятельность ученых связана с более тесным научным взаимодействием как на национальном, так и на международном уровнях. Такое сотрудничество позволяет решать крупнейшие научные и технические задачи, принимать участие в важных международных проектах, дает уникальную возможность издания результатов научных исследований в журналах с высоким импакт-фактором, что повышает цитируемость публикаций и авторитет исследователя, организации, страны.

В Республике Беларусь сформированы два ведущих научных кластера – Национальная академия наук и научно-исследовательская структура вузов, работа которых направлена на повышение эффективности отечественной науки.

В сравнении с моделью господдержки научной деятельности, например, в России, призванной стимулировать публикационную активность и рост личной продуктивности ученого (Проект 5–100) [2], в Беларуси похожие меры пока не приняты.

Страна	Публикации в Scopus				
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Академия наук Грузии	243	201	213	193	163
Академия наук Молдовы	300	243	214	144	88
Академия наук Республики Таджикистан	40	46	47	64	68
Академия наук Туркменистана	1	-	-	-	2
Академия наук Узбекистана	164	173	208	239	420
Национальная академия наук Азербайджана	500	599	658	640	637
Национальная академия наук Беларуси	778	808	947	1009	918
Национальная академия наук Кыргызской Республики	34	37	58	57	55
Национальная академия наук Республики Армения	371	350	409	370	347
Национальная академия наук Республики Казахстан	38	37	23	37	31
Национальная академия наук Украины	4586	4501	4422	4711	4647
Российская академия наук	34 247	37 149	42 337	46 278	45 324

Таблица 1. Динамика числа публикаций академий наук Беларуси и других постсоветских стран, 2016–2020 гг.

Публикации, выполненные в соавторстве ученых:	Число публикаций				
	2016	2017	2018	2019	2020
одна организация НАН Беларуси	99	106	105	110	108
несколько организаций НАН Беларуси	20	20	26	15	20
организация НАН Беларуси + вуз	66	54	65	74	52
организация НАН Беларуси + другая исследовательская организация страны	20	10	16	13	15
организация НАН Беларуси + вуз + другая исследовательская организация страны	4	3	2	13	6
без соавторства (один автор – одна организация НАН Беларуси)	47	34	49	53	37
организации НАН Беларуси при международном сотрудничестве	522	581	684	731	680
Всего	778	808	947	1009	918

Таблица 2. Общие характеристики сотрудничества ученых НАН Беларуси на уровне организаций по данным Scopus, 2016–2020 гг.

Нами проведен ряд исследований по определению основных тенденций международного сотрудничества отечественных ученых [3–5]. Их анализ показал, что наиболее высокоцитируемые белорусские публикации в Scopus подготовлены при международном научном сотрудничестве с представителями развитых стран – лидеров мировой науки (США, Германия, Великобритания и др.); при этом доминирующими направлениями научных изысканий стали физика, технические науки и материаловедение.

В настоящей работе рассмотрены участие исследователей НАН Беларуси в национальной научной кооперации, специфика взаимодействия между учеными структурных подразделений Академии наук, вузов, других организаций республики.

Тенденции соавторства (табл. 2) наглядно показывают формы взаимодействия между организациями при участии исследователей НАН Беларуси. За 2016–2020 гг. процентная доля публикаций, распределенных по указанным группам, остается примерно одинаковой. Работы, выполненные при международном сотрудничестве, доминируют на протяжении всего исследуемого периода и составляют более 70% ежегодно. Это объяснимо с учетом глобализации современной науки.

На национальном уровне в основном совместные публикации подготовлены авторами академической и вузовской науки (примерно 6–7% в год). По большей части это сотрудничество в области естественных наук и медицины с исследователями Белорусского государственного университета, Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Белорусского национального технического университета, Белорусского государственного медицинского университета и др.

Около 2% публикаций из исследуемой выборки подготовлено специалистами НАН Беларуси и научно-практических медицинских центров страны (РНПЦ «Кардиология», РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова и др.).

Сотрудничество трех и более организаций по совместным работам встречается крайне редко и составляет менее 1% ежегодно.

Таким образом, можно констатировать, что на национальном уровне специалисты НАН Беларуси практически не взаимодействуют с коллегами из других секторов науки, промышленности, медицины. Доля таких работ не превышает 8–9% в год.

Всего ссылок	Годы				
	2016	2017	2018	2019	2020
на публикации Беларуси	29850	22247	20907	9964	4566
на публикации НАН Беларуси	9537	8325	8299	4309	1354
из них на публикации НАН Беларуси, выполненные при международном сотрудничестве	8957	7943	7943	4123	1299
из них на публикации НАН Беларуси, выполненные в рамках национального сотрудничества	580	382	356	186	55

Таблица 3. Распределение ссылок на публикации Беларуси в Scopus, 2016–2020 гг.

При изучении внутриведомственной кооперации академических ученых республики можно выделить три модели научной коммуникации: одно- и многоавторские публикации одной организации и многоавторские нескольких учреждений.

В среднем больше всего статей в год ($\approx 12\%$) было подготовлено коллективом авторов, работающих в одной структуре НАН Беларуси. Мы предполагаем, что такая ситуация обусловлена общей специфической темой исследований, экономией временных затрат, стремлением руководства учреждения к сохранению исследовательского потенциала организации. Как следствие, публикационное сотрудничество между академическими институтами незначительно ($\approx 2\%$ в год).

При анализе процентной доли одноавторских исследований (около 5% ежегодно) можно сделать вывод, что ученые-одиночки становятся все более активными в производстве научного знания. Данная тенденция характерна для всех научных дисциплин, но наибольшее количество работ одного автора приходится на науки социального и гуманитарного профиля, математику, материаловедение.

Одним из важных критериев оценки значимости научных публикаций выступает их цитируемость. Статьи за 2016–2020 гг. еще не попали в зону активного цитирования: как правило, это происходит только через год после их выхода в свет, достигая максимального значения по количеству ссылок 2 года спустя; затем может наступить некоторый спад упоминаний. В год опубликования научная работа цитируется минимально, что вполне закономерно. Ученые, заинтересованные в определенных данных, содержащихся в статьях, не всегда успевают быстро ознакомиться со всеми источниками информации по интересующей их теме, особенно с публикациями последних лет, и, соответственно, оценить и отреагировать (сделать ссылку) на помещенные в них сведения. В связи с этим показатели цитирования за последние годы нельзя назвать устоявшимися – их картина с течением времени будет меняться [6].

В 2016–2020 гг. на работы, имеющие отношение к НАН Беларуси, сделаны 31 824 ссылки (табл. 3), что составило более 36% от общего числа цитирований отечественных исследований в Scopus.

Традиционно наибольшее количество получили публикации, международными соавторами которых выступили научные коллективы из США, Германии, России, Великобритании, Франции, Польши.

Статьи за 2016–2020 гг., в состав авторского коллектива которых входят работники академических

институтов без международного сотрудничества, цитировались 1559 раз. Наибольшее число ссылок (38%) получили публикации, подготовленные коллективом авторов одного учреждения, далее следуют совместные труды с коллегами из вузов (31%), а также исследователями двух и более организаций НАН Беларуси (13,6%). Отметим, что Scopus постоянно пополняется одноавторскими работами, на долю которых приходится 11% ссылок.

По результатам проведенного анализа публикационной активности академических исследователей можно сделать вывод, что национальное научное сотрудничество на основе соавторства показывает некоторую положительную динамику. Однако публикации, подготовленные международным авторским коллективом, цитируются намного чаще, что способствует популярности отечественной науки и ее интеграции в мировое научное пространство.

Специалистам НАН Беларуси необходимо активнее развивать сотрудничество, что позволит укрепить научные связи не только внутри страны, но и на мировом уровне для дальнейшего развития и повышения результатов научно-исследовательской деятельности. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Scopus. URL: <https://www.scopus.com/>.
2. Матвеева Н.Н. Библиометрический анализ взаимодействия ученых в российских вузах: кооперация vs индивидуальная продуктивность // Университетское управление: практика и анализ. 2020. Т. 24, №2. DOI: 10.15826/umpra.2020.02.012.
3. Сикорская О.Н., Бовкунович М.А. Научное сотрудничество ученых Беларуси на основе соавторства (по данным Scopus) // Библиотеки в информационном обществе: сохранение традиций и развитие новых технологий: доклады II Междун. науч. конф., Минск, 1–2 декабря 2016 г. – Минск, 2016.
4. Сикорская О.Н., Бовкунович М.А. Отраслевое международное сотрудничество ученых Беларуси (по данным Scopus) // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2018): доклады XVII Междун. конф., Минск, 20 сентября 2018 г. – Минск, 2018.
5. Сикорская О.Н., Бовкунович М.А. Показатели публикационной активности Национальной академии наук Беларуси в Scopus (2012–2016 гг.) // Наукометрия: методология, инструменты, практического применения: сб. науч. ст. – Минск, 2018.
6. Березкина Н.Ю., Сикорская О.Н., Хренова Г.С. Анализ публикационной активности ученых Национальной академии наук Беларуси // Научно-техническая информация. Сер. 1. 2012. №8.
7. Г.С. Хренова, О.Г. Парникель. Международное научное сотрудничество на основе библиометрических данных // Наука и инновации. 2014. №1(131).
8. Миндели Л.Э., Маркусова В.А. Библиометрические исследования научного сотрудничества: обзор мировых тенденций // Научно-техническая информация. Сер. 2. 2015. №4.
9. Миндели Л.Э., Иванов В.В., Либкинд А.Н., Маркусова В.А. Библиометрический подход к анализу национального научного сотрудничества на основе соавторства: Web of Science за 2006–2013 гг. // Научно-техническая информация. Сер.1. 2016. №8.

<i>Vladimir Gusakov</i> Belarusian science on the way to new growing points	4	<i>Iryna Yemelyanovich</i> Digital data for the good of society	53
The author gives an overview of the most advanced scientific and technical developments of the National Academy of Sciences of Belarus, as well as the urgent tasks facing the scientific community.		There are presented the main provisions of the World Development Report 2021 "Data for a Better Life", which examines the role of digital information in ensuring a higher standard of living for people in developing countries.	
<i>Natalia Minakova</i> Environmental rating of Belarus' regions	14	<i>Anna Pashkevich, Andrey Chaikovskiy</i> Microgreens as a functional product of the 21st century	58
The author describes the principles of drawing up an ecological rating of the Belarus' regions development.		The article discusses the technological aspects of microgreens production, which is a highly valuable product, its advantages and promises.	
<i>Anatoly Litskevich, Maria Gulkovich, Olga Chezlova</i> Sewage sludge and the quality of products based on it	16	<i>Natalia Adamtsevich, Valery Boltovskiy, Victor Leontiev, Vladimir Titok</i> Assessment of the antimicrobial activity of Helichrysum arenarium flowers and Lithospermum officinale leaves extracts	64
The authors made an assessment of the heavy metals content in organic fertilizer based on dewatered fermented sludge. They investigated the processes of the sludge sanitary-indicative bacteria dying off in the conditions of field storage.		The authors give an assessment of the antimicrobial activity of extracts of Helichrysum arenarium flowers and Lithospermum officinale leaves in relation to gram-positive, gram-negative pathogenic bacteria and yeast-like fungi.	
<i>Alexander Volkovich</i> Gas-cleaning units to reduce air emissions	22	<i>Natalia Laptенок, Svetlana Pashuk, Elena Tumar, Elena Shafranovskaya</i> New types of bakery products for pregnant and lactating women	69
The article considers various types of installation and equipment for air purification, their advantages, disadvantages and possible use.		The authors presented the new types of bakery products, which were developed taking into account the features of the diet for pregnant and lactating women, and proving the quality and safety of new products.	
<i>Alexander Yakovlev, Galina Bulavko, Alla Nikolaychuk, Irina Ananyeva, Zinaida Aleshchenkova</i> Biotechnology in reducing the negative impact of deicing materials	28	<i>Ali Adib Hussein Ali, Lyudmila Loseva, Tatiana Krupskaya, Oleg Kuznetsov</i> Bioelement status of the body in overweight persons	75
The authors present the biological products based on living cells of microorganisms for solving environmental problems in an urbanized environment.		For the first time, the possibility of using X-ray fluorescence analysis of hair to detect an imbalance of macro- and microelements in the body of men and women has been shown, which can serve as a diagnostic criterion for disorders requiring diet correction.	
<i>Alexander Sudnik, Irina Voznyachuk</i> The impact of road maintenance and construction on roadside vegetation	34	<i>Maria Bovkunovich, Oksana Sikorskaya</i> National scientific cooperation through publications	80
The long-term monitoring results of forest, meadow and mire vegetation along motor roads are presented. It is shown that it is necessary to take measures to maintain the resistance of plants and their communities, including adjustment of the deicing reagents use as one of the most important tasks of domestic ecological policy.		The article considers the cooperation of scientists of the National Academy of Sciences of Belarus with their colleagues in the country and abroad, its forms and scope, based on the bibliometric analysis of domestic scientific publications in the international database Scopus. A correlation was revealed between research activity and the level of citation of works by the world academic community, as well as other patterns of references and links to articles.	
<i>Larisa Tregubovich</i> Motivational component of innovative susceptibility	42	<i>Alexander Yanchuk</i> Indonesia's innovation system in the face of global change	46
The author considered the economic category "innovative susceptibility", and showed its importance for the management of the economy's innovative development.		The article considers the main trends in the Indonesia's national innovation system development in the context of globalization, identifies the problems of the regional innovation systems, and gives recommendations for the policy of their improvement.	



Лакотка, А. І.

Над нівамі роднай зямлі : альбом малюнкаў і графікі /

А. І. Лакотка. – Мінск : Беларуская навука, 2021. – 254 с. : іл.

ISBN 978-985-08-2775-3.

Аўтар, архітэктар, доктар архітэктуры, доктар гістарычных навук, прафесар, акадэмік Аляксандр Іванавіч Лакотка прадстаўляе альбом акварэльнага жывапісу і графічных работ, напісаных з 1985 года і да сённяшняга дня. Асноўныя тэмы твораў – краявіды розных пораў года, помнікі архітэктуры, відарысы сёл, мястэчак і хутароў Беларусі. Амаль усе работы друкуюцца ўпершыню.

Адрасаваны аматарам выяўленчых мастацтваў і ўсім, каго цікавіць прыгажосць беларускай зямлі.

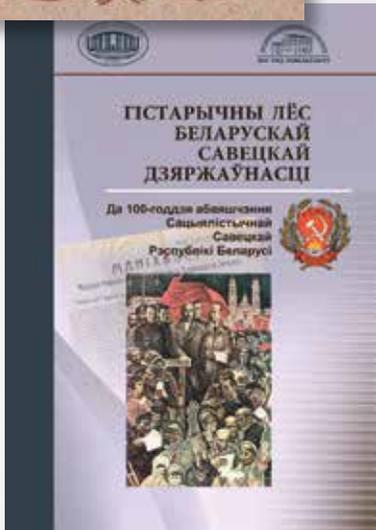


Назаўжды разам (да 80-годдзя ўз'яднання Заходняй Беларусі з БССР) : зб. арт. / Нац. акад. навук Беларусі ; Ін-т гісторыі ; рэдкал.: А. А. Каваленя (старш.) [і інш.]. – Мінск : Беларуская навука, 2021. – 293 с. : іл.

ISBN 978-985-08-2788-3.

У зборніку артыкулаў прадстаўлены навуковыя напрацоўкі па шырокім коле актуальных пытанняў у галіне вывучэння гісторыі палітычных і ваенных падзей 1919–1941 гг. і станаўлення нацыянальных дзяржаў Усходняй Еўропы, дыскусійных момантаў гісторыі Заходняй Беларусі і падзей уз'яднання беларускага народа.

Выданне разлічана на гісторыкаў-даследчыкаў, выкладчыкаў, студэнтаў і ўсіх, хто цікавіцца гісторыяй Беларусі.



Гістарычны лёс беларускай савецкай дзяржаўнасці (да 100-годдзя абвяшчэння Сацыялістычнай Савецкай Рэспублікі Беларусі) : зб. артыкулаў / рэдкал.: А. А. Каваленя [і інш.] ; Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т гісторыі. – Мінск : Беларуская навука, 2021. – 374 с.

ISBN 978-985-08-2784-5.

У артыкулах зборніка аналізуюцца розныя аспекты рэвалюцыйных падзей 1917–1925 гг. і станаўлення беларускай нацыянальнай дзяржаўнасці на савецкай аснове, дыскусійныя пытанні гісторыі Савецкай Беларусі ў 1919–1991 гг. Большая частка матэрыялаў уводзіцца ў навуковы ўжытак упершыню.

Выданне разлічана на гісторыкаў-даследчыкаў, выкладчыкаў, студэнтаў і ўсіх, хто цікавіцца гісторыяй Беларусі.

РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

предлагает литературу

- по медицине
- искусствоведению
- литературоведению
- языкознанию
- этнографии
- фольклору
- естественным наукам

принимает заказы на печать

- бланки формата А₅, А₄, А₃
 - грамоты ● дипломы
 - канцелярские книги
 - блокноты ● блоки для записей
 - календари ● буклеты
 - проспекты (с разработкой дизайна)
- тираж от 1 экземпляра*

Получить информацию об изданиях и оформить заказы можно по телефону: (+37517) 396-83-27, 370-64-17, 267-03-74. Адрес: ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск, Республика Беларусь belnauka@mail.ru www.belnauka.by

ЗНАТЬ ВСЕ НЕВОЗМОЖНО, НО **МОЖНО** УЗНАТЬ **БОЛЬШЕ**



научно-практический журнал
**Наука
и инновации**

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129
тел.: (+375 17) 351-14-46 факс: (+375 17) 379-16-12
e-mail: nii2003@mail.ru

www.innosfera.by

 [@science_innovations](https://www.instagram.com/science_innovations)

ПОДПИСНЫЕ
ИНДЕКСЫ:

00753
007532

